NOUVELLE SÉRIE — TOME XXII. FASC. I.

ANNALES

DE

L'ÉCOLE NATIONALE D'AGRICULTURE

DE MONTPELLIER

SOMMAIRE

MONTPELLIER
IMPRIMERIE CHARLES DÉHAN
5, RUE VIEILLE-INTENDANCE, 5

RECHERCHES CARYOLOGIQUES SUR LA VIGNE

Par M. M. BRANAS

Chef des Travaux de Viticulture
à l'Ecole nationale d'Agriculture de Montpellier.

Divers auteurs ont déjà abordé à des points de vue différents des études cytologiques chez la vigne. M. Dorsey (1914) (1) indiquait que la garniture chromosomique du *Vitis Riparia* et du *Vitis Labrusca* était formée de $n = 20$ chromosomes. Ce n'est qu'en 1928 que la question a été reprise sans que la numération des chromosomes dans les cellules des espèces et variétés soit la préoccupation principale de la plupart des auteurs qui ont entrepris cette étude.

Iwanowa-Parouskaja (2 et 3) donne aussi $n = 20$; les auteurs plus récents, H. Hirajanagi (4), B. Nebel (5), V. Ghimpu (6), F. Kobel (7), A.-M. Negrul (8), ont compté 19 chromosomes dans les cellules de la lignée sexuelle des vignes. B. Nebel signale cependant une Sultanina *Gigas* et un Muscat *Gigas* à garniture $n = 38$ chromosomes. K. Sax (9) donne aussi le chiffre 19 pour *V. Vinifera* et les hybrides de *Vinifera-Labrusca*, et étudiant, en outre, le *V. Rotundifolia* et les genres *Ampelopsis* et *Parthenocissus*, il trouve $n = 20$ chromosomes dans les cellules sexuées de ces trois plantes.

Toutes les espèces de vigne n'ont pu être étudiées à ce point de vue par les auteurs précédents et, le sujet n'étant pas complètement épuisé, nous avons cru utile, par un travail d'ensemble sur la même question, d'apporter des notions nouvelles ou confirmatives. A cette fin, nous n'avons eu qu'à mettre en œuvre le matériel important existant dans les collections ampélographiques de l'Ecole nationale d'Agriculture de Montpellier.

Matériel et Technique. — La numération des chromosomes dans les cellules sexuées nous a paru, à priori, préférable à leur comptage dans la lignée somatique pour des raisons qui nous

ont semblé très importantes : leur nombre est diminué de moitié et leur taille est augmentée. A.-M. NEGRUL (8) préfère opérer dans le méristème des racines, sur des mitoses somatiques, parce que les caractères morphologiques des chromosomes lors de la division hétérotypique et le processus de cette dernière sont tels que la numération est parfois difficile, alors que les plans favorables à l'observation sont assez nombreux dans les racines. Nous n'avons pas fait d'études comparatives et recherché, d'emblée, les mitoses dans les cellules-mères du pollen.

Notre travail a donc consisté à fixer des parties relativement importantes d'inflorescence, évitant ainsi la difficulté signalée par A.-M. NEGRUL (8), que les stades de la division passent très vite de la prophase de la division hétérotypique à l'apparition des tétrades et que le hasard conditionne seul l'obtention, dans les préparations, de cellules au stade désiré. Les fleurs d'un même bouquet ne sont pas exactement au même stade et il est rare, relativement, de subir dans cette voie une longue série d'échecs.

La cueillette des échantillons a été faite le matin parce que, avons-nous remarqué, les mitoses sont alors plus nombreuses. Le picro formol de Bouin (*a*) a été utilisé comme fixateur et s'est montré parfaitement suffisant. Après inclusion à la paraffine, les coupes obtenues au microtome (4 à 7 μ) ont reçu une double coloration à l'hématoxyline-éosine. Sans que cette dernière soit indispensable, nous avons reconnu qu'elle accroît la précision des détails.

Le carmin-acétique, séduisant par la rapidité et la simplicité des manipulations, donne des résultats inférieurs en précision à ceux qui sont obtenus avec l'hématoxyline, mais peut rendre des services incontestables dans la recherche du stade favorable à l'observation et précéder les montages définitifs.

Les chromosomes sont, chez la vigne, de très petite taille ; leur étude et leur numération exigent de forts grossissements. Bien que nous ayons travaillé la plupart du temps à 2.500 diamètres,

---

(*a*) Plus exactement la formule suivante : Formol 1 partie, eau 3 parties. Acide picrique à saturation ; liquide stable auquel on ajoute au moment de l'emploi 5 o/o d'acide acétique cristallisable (d'après M. LANGERON).

nous avons dû, en de nombreuses circonstances, faire appel à des grossissements dépassant largement 3.000 diamètres, et à un éclairage convenable.

Lors de la prophase de la division réductionnelle et jusqu'au synapsis, la numération des chromosomes se heurte à des difficultés sérieuses. Les chromosomes sont rejetés vers la périphérie du noyau, entassés, emmêlés, irréguliers dans leur forme et leurs dimensions. Néanmoins, il est parfois possible d'observer leur arrangement en paires et de les dénombrer.

Le comptage est beaucoup plus aisé dans les vues de plaques équatoriales de la métaphase de la division hétérotypique, malgré qu'à ce stade les chromosomes s'amassent, s'agglomèrent de telle manière qu'il est souvent difficile de les individualiser. Ils ont alors la forme de bâtonnets courts de 0 3 à 0,5 μ et vus en bout apparaissent circulaires. On ne peut tirer aucun profit de l'observation des métaphases de la même division vues de profil ni de l'anaphase, la bipartition s'effectuant successivement. Dans les diades on ne peut que rarement observer avec succès des métaphases suffisamment nettes.

En résumé, tous nos efforts ont porté sur l'obtention de plaques équatoriales bien orientées de la première division de maturation.

Résultats.

I. Ampélidées à N = 20 chromosomes.

Ampelopsis cordata (Michx).
Ampelopsis aconitifolia (Bunge).
Parthenocissus quinquefolia (Planch).

K. Sax (9) a trouvé $n = 20$ chez les genres Ampelopsis et Parthenocissus. Les difficultés habituelles existant dans l'obtention de plaques équatoriales bien orientées sont accrues chez ces deux genres, parce que les fleurs d'une même inflorescence sont à des âges très différents, à tel point que le pollen est formé dans certaines alors que d'autres ne montrent que des cellules-mères primordiales précédant largement la division hétérotypique.

Vitis rotundifolia (Michx).

K. Sax (9) a observé avant nous $n = 20$ chromosomes dans les cellules sexuées de cette espèce pour laquelle on voit croître la ressemblance morphologique, déjà considérable à d'autres points de vue, avec les représentants des genres Ampelopsis et Parthenocissus.

II. Chez tous les représentants du genre Vitis énumérés ci-dessous nous avons observé $n = 19$ chromosomes, sauf exceptions que nous indiquerons au fur et à mesure.

Vitis vinifera (Lin.).

Le même nombre $n = 19$ avait déjà été donné pour diverses variétés de cette espèce par B. Nebel (5), F. Kobel (7), A.-M. Negrul (8), K. Sax (9), H. Hirajanagi (4), V. Ghimpu (6). Nous avons étudié les variétés suivantes :

Aramon.
Dattier de Beyrouth.
Gros Colman.
Sultanine.
Muscat Canon Hall.

Ce dernier, par sa garniture de $n = 38$ chromosomes constitue seul une exception. B. Nebel (5) avait déjà signalé un « muscat gigas » et une « sultanina gigas » à $n = 38$ chromosomes. La variété de sultanine étudiée par nous n'avait que $n = 19$ chromosomes.

Vitis pagnuccii (Rom.), variété à bois Hispidé.

Vitis amurensis (Rup.).

B. Nebel (5) a trouvé avant nous le même chiffre pour cette plante.

Vitis coignatiae (Pull.) ; pour B. Nebel (5) $n = 19$.

Vitis Romanetti (Rom.).

Vitis Riparia (Michx).

Variétés :

R. Gloire de Montpellier (V. mâle).
R. Martin des Paillères (V. femelle).

M. Dorsay (1) avait établi que les cellules sexuées de cette plante avaient $n = 20$ chromosomes. F. Kobel (7), B. Nebel (5), V. Ghimpu (6) ont trouvé $n = 19$ ainsi que A.-M. Negrul (8), qui a procédé à la numération des chromosomes chez le Riparia Gloire de Montpellier.

Vitis Arizonica (Engelm.).
Vitis Labrusca (Lin,).

Variétés :

Norther précoce.
Concord.
Isabelle.
Creveling.

Pour M. Dorsay (1) $n = 20$ chez cette espèce et $n = 19$ pour F. Kobel (5), K. Sax (9) H. Hirajanagi (4), B. Nebel (5), V. Ghimpu (6).

Vitis Rupestris (Scheele).

Variétés :

R. du Lot.
R. Martin.
R. Ganzin.

$N = 19$ chez cette espèce pour B. Nebel (5), F. Kobel (7), A.-M. Negrul (8), qui dit anssi avoir trouvé une fois $2n = 76$ chromosomes chez le Rupestris du Lot.

Vitis Monticola (Bukl.).
Vitis Rubra (Michx).
Vitis Æstivalis (Michx).
Vitis Lincecumii (Bukl.).
Vitis Bicolor (Leconte).
Vitis Cordifolia (Michx).
Vitis Coriacea (Shuttl.).
Vitis Cinerea (Engelm.) $n = 19$ par F. Kobel (5).
Vitis Berlandieri (Planch.) $n = 19$ par F. Kobel (5).
Vitis Candicans (Engelm.).

Nous n'avons pu recueillir des échantillons de *Vitis Californica* (Benth), mais cette espèce possèderait aussi, d'après F. Kobel (5), une garniture de $n = 19$ chromosomes.

Résumé et Conclusions.

Les espèces du genre Vitis, à de rares exceptions près, ont une garniture formée de $n = 19$ chromosomes. Cette uniformité dans le nombre des chromosomes des variétés et espèces de vigne, ainsi que celle qui apparaît à l'observation du processus de la division hétérotypique, ne nous ont pas permis, jusqu'ici, d'établir une relation entre les caractères ou les aptitudes des cépages, d'une part, et la garniture chromosomique ou les caractères de la division des cellules, d'autre part.

Les deux exceptions que nous avons pu mettre en évidence, V. Rotundifolia $n = 20$ et V. Vinifera var. Canon Hall. Muscat, nous paraissent être d'une nature différente. Pour le second, $n = 38$, il ne s'agirait que d'un cas de polyploïdie analogue à ceux déjà signalés par B. Nebel (5) chez la Sultanine et le Muscat. Peut-être pourrait-on trouver une relation entre cette particularité et l'allure spéciale de la végétation de cette plante dans les collections ampélographiques de l'Ecole nationale d'Agriculture de Montpellier, où elle paraît manquer de vigueur, comme d'ailleurs le Muscat d'Alexandrie, duquel elle descendrait.

Le Vitis Rotundifolia possède une garniture semblable à celle des Ampelopsis et des Parthenocissus, accentuant encore par ses particularités caryologiques sa ressemblance anatomique accusée avec ces deux genres d'Ampélidées. Il convient d'observer que l'on n'a pu que difficilement obtenir d'hybrides résultant du croisement de Vitis à 19 chromosomes avec des Ampélidées à $n = 20$; peut-être aurait-on plus de succès en croisant le Vitis Rotundifolia avec Ampelopsis ou Parthenocissus ? Il serait aussi intéressant d'étudier la descendance du Canon Hall Muscat.

ÉLÉMENTS DE BIBLIOGRAPHIE.

1. M. Dorsey. — Pollen development in the grape with special reference to the sterility. — The Un of Min. Agr. Exp. St. Bul. 144 (1914). Ext.
2. Iwanowa Parouskaja. — Pollensterilität bei der Weinrebe. — Tagebuch des Allrussischen Botaniker Kong. 1928.
3. Id. — Weibliche Rebenblütc. — Vertrag am. Kong. für Genetik und Selektion in Leningrad. 1929 (Cité par A.-M. Negrul).
4. H. Hirajanagi. — Chromosome Arangement, The pollen mothers-cells of the wine. — The Col. of Sc. Kyato Imp. Un. IV. 1929.
5. B. Nebel. — Zur Cytologie von Malus und Vitis. — D. Gartenbauwissensch. 1929.
6. V. Ghimpu. — Recherches cytologiques sur les genres Hordeum, Acacia, Medicago, Vitis et Quercus. — Arch. d'Anat. Mic. T. XXVI, N° 2. 1930.
7. F. Kobel. — Cytologisc he Untersuchungen als Grundlage fur die Immunitäts züchtung bei der Rebe. — Landw. Jb. Schweiz. 1929.
8. A.-M. Negrul. — *a*) Rebenzüchtung. Vortrag a. d.; Kong. Genetick und Selektion in Lenigrad. 1929.
   b) Cromosomenzahl und Characther der Reducktionsteilung bei den Artbastarden der Weinrebe. Der Züchter Feb. 1929.
9. K. Sax. — Chromosome Counts in Vitis and related genera. Am. Soc. Hort. Sci. Poc. 26. 1929, pp. 32-33.

EXPLICATION DES PLANCHES

—

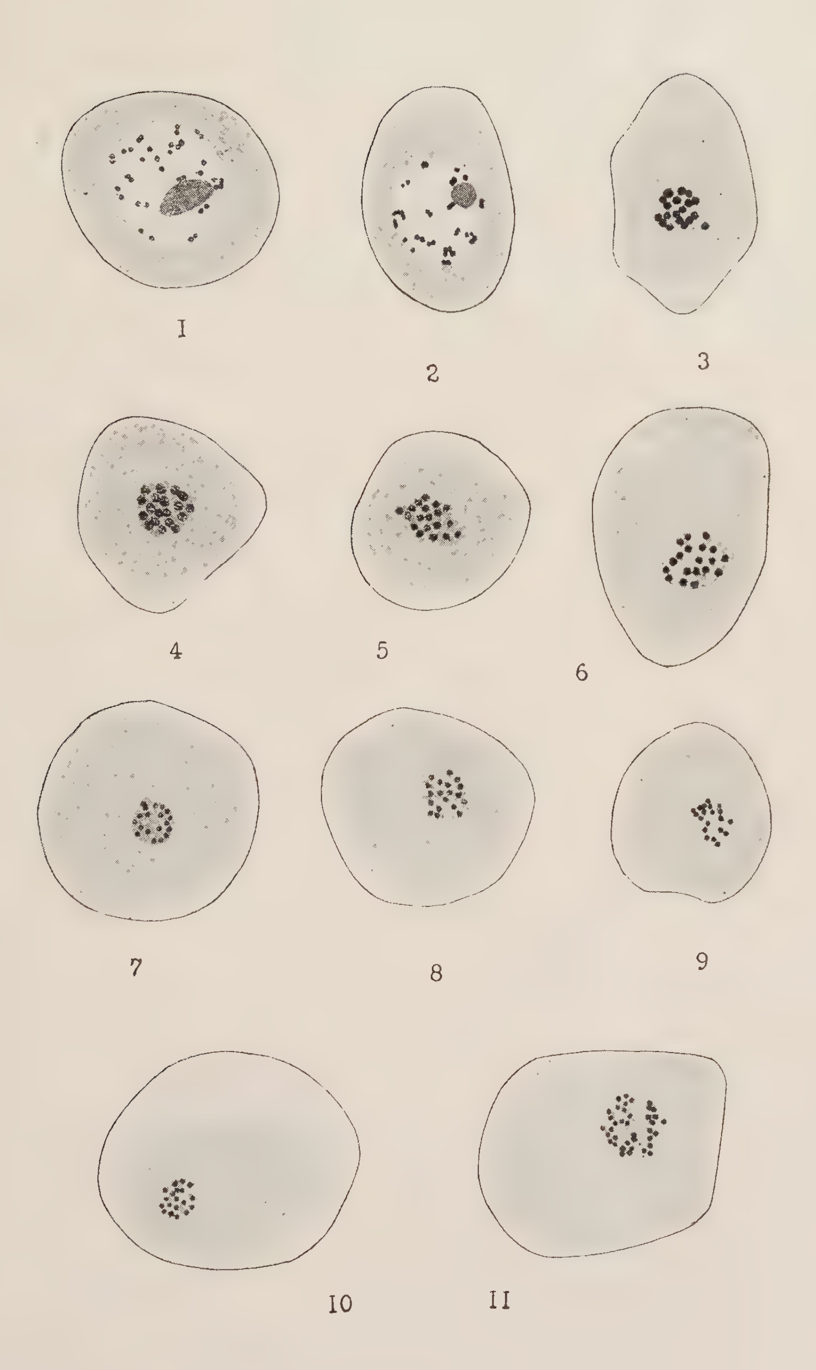
Planche I

(Grossissement 1600 diam. env.)

Fig.		
1.	Prophase de la division hétérotypique...	Sultanine
2.	— — — ...	Gros Colman
3.	— — — ...	Aramon
4.	— — — ...	—
5.	— — ...	V. Paguccii
6.	— — — ...	V. Romanetti Caplat
7.	— — — ...	V. Labrusca Norther précoce
8.	— — — ...	V. Vinifera. Yeddo
9.	— — — ...	V. Rotundifolia
10.	— — — ...	Riparia Gl. de Montp.
11.	— — — ...	Canon hall Muscat.

Planche II

12.	Anaphase de la division hétérotypique...	Sultanine
13.	— — — ...	—
14.	— — — ...	—
15.	— — — ...	Gros Colman
16.	— — — ...	—
17.	Prophase de la 2e div. dans une Diade...	Gros Colman
18.	Métaphase — — ...	V. Rotundifolia
19.	— — — ...	Dattier de Beyrouth
20.	Métaphase et début de l'Anaphase dans une Diade..............................	—
21.	Telophase..................................	Gros Colman
22.	Tétrade..................................	V. Rotundifolia
23.	—	Dattier de Beyrouth.


I
2
3
4
5
6
7
8
9
10
II


12
13
14
15
16
17
18
19
20
21
22
23

RÉSULTATS
DES ESSAIS D'HYBRIDATION DE BLÉS

EFFECTUÉS DE 1923 à 1931
A L'ECOLE NATIONALE D'AGRICULTURE DE MONTPELLIER.

Par M. J. HEBRARD
Chef des Travaux d'Agriculture.

Ce travail, dont la conception nous a été facilitée par les suggestions et les avis éclairés de M. le professeur Vidal, a débuté en 1922, et, s'il est actuellement terminé quant aux phases d'obtention, de fixation et de contrôle pour notre série de l'année 1923, il ne l'est pas encore pour nos séries de 1926 et de 1929.

Les blés que nous nous sommes proposé d'améliorer par hybridation sont nos blés indigènes : Touzelle blanche,
Saissette,
Aubaine,
Buisson,
et un blé dur,................ le Médéah, préconisé à juste titre, et depuis longtemps déjà pour notre région.

Tous ces blés ont de grandes qualités, que nous rappelons simplement : ils sont parfaitement adaptés au climat et aux sols du Midi méditerranéen, ils résistent très bien à l'échaudage en particulier. La Touzelle, la Saissette, le Médéah font prime en meunerie. L'Aubaine et le Buisson résistent bien à l'égrenage, provoqué surtout par « le Mistral », bien que depuis la guerre un nouveau fléau agricole, « le Moineau », poursuive activement le même but.

Par contre, toutes ces variétés ont de graves défauts, toutes, à des degrés divers, sont insuffisamment résistantes à la « verse ».

La Touzelle, l'Aubaine et le Buisson ont une résistance pratiquement nulle en bon terrain. La Saissette résiste un peu mieux, le Médéah davantage, mais aucune n'est suffisamment rigide pour supporter de bonnes fumures et donner par suite de forts rendements. Notre tâche a eu essentiellement pour but de corriger ce défaut capital, et nous pouvons dire, dès à présent, que nous y avons réussi dans tous les cas.

A côté du défaut Verse, se place le défaut production. Certes l'Aubaine, le Buisson et à fortiori le Médéah possèdent une aptitude suffisante au rendement, mais celle-ci, pratiquement, ne peut se développer que conjointement avec leur résistance à la Verse. La Saissette et la Touzelle n'ont pas cet apanage vital et atavique, elles sont trop peu productives et il semble bien difficile et bien aléatoire d'améliorer leur rendement uniquement par la sélection. L'amélioration de nos blés indigènes et du Médéah par sélection ou isolement de lignées pures, ne nous apparût pas, dès le début de ce travail, comme pouvant être suffisante, et c'est pourquoi, en 1923, nous lui avons préféré l'hybridation.

Notre pensée directrice a été d'améliorer ces différentes variétés au point de vue de leur résistance à la Verse, d'abord, le facteur rendement étant son corollaire. Mais nous nous sommes efforcés aussi et dans la même mesure, de n'altérer en rien, si possible, les belles qualités précédemment citées. En un mot, pour employer un langage imagé, nous avons cherché « à transposer héréditairement sur une tige inversable, un bel épi, soit de Touzelle, soit de Saissette, d'Aubaine, de Buisson ou de Médéah ». Le blé tuteur que nous avons choisi est l'hybride hâtif inversable, de Vilmorin. En 1926 et en 1929 nous y avons adjoint l'Ardito.

Lieu de nos essais. — Le terrain sur lequel nous les avons tous effectués est situé à l'Annexe de l'Ecole, à Mandon. C'est un sol plat, homogène, du type terre franche et profond. Il n'a reçu aucune fumure directe, ni organique, ni minérale pendant toute la durée de nos expériences, mais d'une année à l'autre, nos soles de Blés alternaient et succédaient à une culture de

Vesce + Avoine. Chaque année, la préparation du sol a été normale sans plus, un labour profond en août, complété par des façons superficielles au début de l'automne. Tous les soins d'entretien ainsi que la récolte ont été faits à la main.

Technique suivie dans nos hybridations. — A l'époque où nous les avons entreprises (1923), les excellents ouvrages traitant cette question (1) n'avaient pas encore paru. La méthode que nous avons suivie s'inspire de celles décrites dans ces Manuels et nous ne la retracerons pas en détail. Voici comment nous avons opéré :

Chaque année d'hybridations (1923-1926-1929), les semences devant fournir les géniteurs ont été placées en lignes simples distantes de 0 m. 75. Dans les sillons, profonds de 5 à 6 c/m, le semis a été fait très soigneusement, grain par grain tous les 15 c/m environ, de façon à faciliter le choix des pieds-mères. Disons tout de suite et une fois pour toutes que, soit au cours du cycle évolutif, soit au moment de l'hybridation, les observations utiles ont été scrupuleusement notées et les précautions à prendre en pareil cas ont été prises.

A l'époque de l'hybridation, les pieds mâles et femelles ont été choisis et marqués d'après leurs meilleurs caractères, et dans ces souches-mères, les épis l'ont été d'après leur plus grand nombre d'épillets. La castration a précédé la pollinisation de 48 hs dans la plupart des cas, de 24 hs seulement parfois, selon l'état météorologique. Les épis femelles ont été castrés selon la méthode ordinaire, en laissant 1 épillet sur 2 sur chaque face, soit 8 ou 10 au plus au total et 1 ou 2 fleurs par épillet. Les épis castrés ont été recouverts d'un sac de gaze paraffiné ligaturé au-dessous de l'épi avec un tampon d'ouate, puis tuteurés et

---

(1) M. Maylin. — *Manuel pratique et technique de l'Hybridation des Céréales.* (Paris. Librairie Agricole de la Maison Rustique. 26, rue Jacob). 1925.

V. Lathouwers. — *Manuel de l'Amélioration des Plantes cultivées.* 2e édition, 1929, p. 138 à 145. (Paris, Librairie Agricole de la Maison Rustique).

étiquetés. Nous avons abandonné le procédé qui consiste à enrouler autour de l'épi castré ou fécondé un gros fil de laine.

Nous avons effectué la pollinisation de la façon suivante : les lignes mâles et femelles des géniteurs étant côte à côte, l'épi castré débarrassé de son sac protecteur, nous prélevions un épi mâle choisi d'avance et nous disposions 1 ou 2 anthères bien mûres sur chaque stigmate. Notre règle a été de n'utiliser qu'un épi mâle pour un même épi femelle. Après quoi nous prenions un grand soin à refermer la boite formée par les glumelles et l'épi fécondé était à nouveau ensaché. Nous avons effectué la pollinisation toujours le matin.

A la maturité, les épis fécondés étaient coupés, puis égrenés en ne réunissant dans le tube de conservation que les grains provenant d'un même épi, avec l'étiquette correspondante.

Plan général de notre exposé. — Nous ne pouvons songer à retracer, même sommairement, toutes les observations prises depuis le début de nos essais pour chaque série d'hybrides. Ce qui importe, en définitive, c'est le résultat final au sujet duquel nous nous étendrons longuement. Nous renonçons aussi à décrire les différentes modalités annuelles du semis de chaque génération ainsi que l'organisation de notre terrain d'expérience et les faits d'ordre cultural. Par contre, nous croyons devoir insister sur les faits d'ordre génétique et botanique observés au cours des trois premières générations.

Nous donnons ci-après la nomenclature de nos hybridations. En pareille matière, l'essentiel est de s'y reconnaître ; il nous a donc fallu adopter une méthode de désignation. Dans celle-ci, les chiffres se rapportent au croisement initial, la lettre alphabétique, à la « forme » ou « sorte » ou « type », terme que nous préférons, isolé, fixé, conservé ou éliminé dans la suite.

Voici le tableau de nos hybridations (1).

(1) Contrairement à l'usage établi dans l'expression des hybrides, j'ai dû pour des raisons personnelles, les désigner en intervertissant l'ordre des géniteurs. Dans toutes nos hybridations, nous avons écrit mâle × femelle et commettons par là une dérogation à la règle générale, que nous prions d'excuser.

A. — *Hybridations de 1923* :

Mâle		Femelle		Désignation
Hâtif inversable	×	Touzelle blanche	=	n° 1
Touzelle blanche	×	Hâtif inversable	=	10
Hâtif inversable	×	Saissette	=	n° 2
Saissette	×	Hâtif inversable	=	20
Hâtif inversable	×	Médéah	=	n° 3
Médéah	×	Hâtif inversable	=	30
Aubaine	×	Hâtif inversable	=	n° 4

B. — *Hybridations de 1926* :

Hâtif inversable	×	Buisson	=	n° 5
Ardito	×	Buisson	=	n° 6

C. — *Hybridations de 1929* :

Buisson	×	Hâtif inversable	=	n° 50
Buisson	×	Ardito	=	n° 60

Précisons par quelques exemples la désignation de nos « types »:

1 *a* désigne : Hybride de Hâtif inversable × Touzelle forme *a*.
10 *d* — Hybride de Touzelle × Hâtif inversable forme *d*.
30 *h* — Hybride de Médéah × Hâtif inversable forme *h*.

Disons tout de suite la raison d'être de nos hybrides réciproques dans chaque groupe, sauf pour l'Aubaine. Il est admis, en général, que le sens dans lequel se fait le croisement entre les 2 géniteurs est absolument indifférent dans le cas de lignées pures ou de races génétiquement pures. C'est ce que nous avons constaté dans l'ensemble, notamment pour nos groupes n° 1 et n° 10, mais cependant nos croisements :

Mâle		Femelle
Hâtif inversable	×	Saissette
Médéah	×	Hâtif inversable

nous ont donné des types nouveaux, véritables mutations transgressives, que nous n'avons pas observés dans le croisement

inverse. Faut-il incriminer la pureté des géniteurs ? Théoriquement, cela l'expliquerait, mais n'a-t-on pas dit, et avec juste raison, que l'hybridation est un jeu de hasard ! C'est ce que nous pensons et c'est pourquoi, en 1929, nous avons repris en sens inverse les mêmes croisements qu'en 1926, mais il est encore trop tôt pour nous prononcer sur ces derniers résultats.

DEUXIÈME PARTIE

Groupe N° 1

Hybrides de Hâtif inversable × Touzelle blanche de Provence.

Année 1922-1923. — Ici se pose la question du *choix des géniteurs.* Nous n'avons pas procédé comme le conseille avec raison Lathouwers dans son Manuel (p. 137) à l'isolement préalable de lignées pures ; un tel travail demande des années et des moyens matériels que nous ne possédions pas. De plus, le caractère de nos recherches étant purement expérimental, nous nous sommes limité à ceci :

Dans tous nos croisements, les semences utilisées comme géniteurs provenaient d'épis sélectionnés en 1921 au Champ de Collections de l'Ecole. Ce dernier venait d'être recréé au lendemain de la guerre à l'aide de semences provenant, en ce qui concerne les variétés de nos croisements, de la Maison Vilmorin et du Syndicat agricole du Vaucluse

Ces épis sélectionnés d'après leurs caractères morphologiques, physiologiques et éthologiques ont été triés d'après ce que nous appellerons « leur beauté ». Ces grains ont été ensemencés en lignes séparées, en automne 1921. En juin et juillet 1922, nouvelle sélection d'épis basée sur les mêmes principes et avant le semis, en automne 1922, triage par la densité des plus beaux grains choisis parmi les plus lourds, puis ensemencement en lignes simples, grain par grain tous les 0 m. 15. Au printemps 1923, comme nous l'avons déjà dit, choix définitif des pieds-mères.

Nous arrivons ainsi à l'époque de l'hybridation. Les 21 et 22 mai 1923, nous avons procédé à la castration de 10 épis de Touzelle choisis parmi les plus précoces, ayant tous 24 ou 25 épillets. Les 23 et 24 mai, la fécondation a été faite par des épis de Hâtif inversable à 24 épillets. La récolte des épis mûrs a eu lieu le 6 juillet 1923, séparément, épi par épi, et nous a donné au total 54 grains à peu près normaux, les autres, ridés et échaudés, ont été éliminés.

Année 1923-1924. F^1. — Le semis des 54 grains précédents a été effectué en pleine terre le 24 octobre, en ligne simple, grain par grain tous les 15 c/m. Sur ce nombre, 42 germèrent et 37 touffes seulement nous donnèrent quelques épis. L'épiaison et la floraison se sont échelonnées du 9 au 22 mai 1924; la récolte, touffe par touffe, a été faite le 26 juin 1924.

Voici les *caractères dominants* et *dominés* observés au cours de cette première génération :

1° Longueur des chaumes intermédiaire entre celle des géniteurs (1 m. 10 à 1 m. 20) ;

2° Végétation glauque, feuilles larges, port dressé (caractères du Hâtif inversable) ;

3° Forme de l'épi intermédiaire, se rapprochant davantage de celle du Hâtif inversable. Epi long, lâche, carré à la base, effilé et faiblement aristé au sommet, mais épi dressé ;

4° Couleur de l'épi : blanc (H. inv.) et non jaune-roussâtre (Touzelle, caractère dominé) ;

5° Grain de forme Touzelle, mais de couleur Hâtif inversable ;

6° Résistance à la verse, bonne (9 sur 10) ;

7° Résistance aux diverses rouilles, moyenne (3 sur 5).

Année 1924-1925. F^2. — Les grains récoltés l'année précédente, distinctement épi par épi, ont été ensemencés en lignes jumelées, toujours grain par grain à 10 à 12 c/m de distance environ. L'épiaison et la floraison se sont produites du 21 au 28 mai 1925. A la récolte, qui a commencé le 25 juin, nous nous sommes efforcés, en vue de la séparation des types, de mettre en œuvre

l'échiquier des disjonctions mendéliennes et de découvrir les homozygotes.

Notre idée directrice, comme nous l'avons déjà dit, était de greffer un bel épi de Touzelle sur une tige rigide. Aussi avons-nous éliminé tous les pieds se rapprochant trop des caractères des parents — nous jugeons excessive aujourd'hui cette élimination, mais nous entreprenions ce travail pour la première fois. Au total 7 types furent retenus en F^2 et catalogués de I a à I g.

Année 1925-1926. F^3. — Les 7 types précédents furent ensemencés en lignes, grain par grain le 29 octobre 1925. Jusqu'à l'épiaison, qui débute le 6 mai 1926, ils nous montrent une grande homogénéité, une teinte glauque, un port dressé, un feuillage large, caractères du Hâtif inversable.

Après la floraison, nos 7 lignées accusent leurs dissemblances sous les rapports précocité, hauteur du chaume, forme de l'épi et résistance à la verse principalement. Nous éliminons la lignée I g comme hétérogène, les lignées I e et I f comme trop tardives et insuffisamment résistantes à la verse. A la récolte qui a lieu le 26 juin, nous ne conservons que les formes I a, I b, I c, I d.

Au cours des années suivantes, qui furent principalement des années de vérification, de contrôle et de sélection annuellement répétée, nous avons éliminé la forme I c.

Nous n'avons conservé de ce premier croisement que les formes I a, I b, I d, que nous décrivons à la fin de ce résumé général.

Groupe N° 10

Hybrides de Touzelle blanche de Provence × Hâtif inversable.

Année 1922-1923. — Les géniteurs employés avaient la même origine que dans le croisement précédant.

Le 24 mai 1923, nous avons procédé à la castration de 5 épis de Hâtif inversable à 23 épillets. La fécondation par des épis de Touzelle à 25 et 26 épillets a été faite le 26 mai. La récolte des épis mûrs, le 6 juillet, nous a donné une proportion de grains fécondés, plus faible que dans le cas précédent, au total 16 grains normaux.

Année 1923-1924. F^1. — Le semis des grains précédents a été effectué le 24 octobre 1923, en pots très grands (30 c/m de diamètre), enterrés en pleine terre, les grains provenant d'un même épi étant soigneusement disposés. La levée s'est produite le 2 novembre, l'épiaison et la floraison du 11 au 22 mai 1924 ; la récolte a été faite le 26 juin, mais le nombre d'épis a été faible ; 2 à 3 au plus par pied, et certains étaient en partie avortés au sommet ou échaudés.

Les caractères dominants et dominés observés ont été les mêmes que ceux du groupe N° 1, cependant nous n'avons pas tenu compte des caractères végétatifs tels que la longueur du chaume, en raison des conditions différentes d'évolution (en pots).

Année 1924-1925. F^2. — Le semis des grains provenant initialement d'un même épi a été fait en lignes, en pleine terre, grain par grain distancés de 12 à 15 c/m. L'épiaison-floraison ont eu lieu du 27 mai au 3 juin, soit plus tardivement que pour le groupe N° 1. La récolte, faite le 26 juin, a dû être précoce, en raison des dégâts causés par les moineaux.

Nous avons relevé, à cette seconde génération, absolument les mêmes types que dans le croisement inverse précédent, mais nous n'en avons retenu que 4, qui furent catalogués ; 10a, 10b, 10c et 10d.

Les années suivantes sont l'exacte répétition de ce que nous avons fait pour nos hybrides inverses (Hâtif inversable × Touzelle) et d'une façon générale pour tous nos hybrides de l'année 1923. Des 4 formes retenues, nous n'avons conservé que le type 10a, décrit à la fin de cet exposé, les 3 autres, éliminées, quoique correspondant à leurs inverses, étant plus tardives et moins résistantes à la verse.

Remarque. — Nous avons constaté au cours de nos différents croisements, pour ceux d'Aubaine d'abord, de Touzelle ensuite, que l'acte de l'hybridation communiquait aux différentes lignées qui en sont sorties, un supplément de vitalité remarquable et très net par comparaison aux géniteurs témoins. Cet accroissement de vigueur s'est maintenu intact jusqu'à la F^4 et est allé en s'atténuant légèrement chaque année pour se stabiliser en 1929.

Groupe N° 2

Hybrides de Hâtif inversable × Saissette de Provence.

Année 1922-1923. — L'origine et la sélection initiale du géniteur Hâtif inversable ayant été les mêmes pour toutes nos hybridations de 1923, nous n'y reviendrons plus.

La Saissette nous avait été fournie, comme la Touzelle, par le Syndicat agricole du Vaucluse. En 1921, nous avions remarqué et séparé au Champ de collections de l'Ecole, deux types : l'un à épi blanc-jaunâtre, plus précoce et d'apparence plus productif que l'autre, à épi rosé, nettement plus tardif (Notre conviction actuelle est qu'il s'agit là de véritables espèces Jordaniennes et nous en avons isolé une troisième en 1924). En 1922, ces caractères distinctifs s'étant maintenus héréditaires et fixes, c'est au type de Saissette à épi blanc-jaunâtre que nous nous sommes adressé en 1922-1923 après un choix préalable de pieds-mères, d'épis et de grains, comme dans le cas précédent.

La castration a porté, le 15 mai 1923, sur 10 épis de Saissette ayant de 19 à 22 épillets, mais nous n'en avons laissé que 8 épis et 1 ou 2 fleurs à chacun, selon le résultat de l'opération.

La fécondation par des épis de Hâtif inversable à 20 épillets seulement a eu lieu le 17 mai (Nous disons à 20 épillets seulement, car, vu la différence de précocité entre la Saissette et le Hâtif inversable, nous avions ensemencé ce dernier 15 jours plus tôt, et, l'année s'y prêtant, nous n'avons pu utiliser que des épis moyens). La récolte des épis mûrs a eu lieu le 6 juillet ; les grains ont été récoltés épi par épi et les précautions d'usage ont été prises — au total 43 grains à peu près normaux et autant de jetés.

Année 1923-1924. F^1. — Comme précédemment, le semis a eu lieu grain par grain, en pleine terre et en ligne, le 24 octobre 1923. L'épiaison et la floraison se sont produites du 4 au 20 mai 1924. La maturité a débuté le 13 juin, la récolte a été faite le 24 juin, en arrachant les touffes aux fins d'examen ultérieur comme toujours (33 touffes au total).

Les caractères *dominants* et *dominés* fournis par cette première génération ont été les suivants :

1° Chaumes de hauteur inférieure à ceux de la Saissette, mais s'en rapprochant (1 m. 15 à 1 m. 25). Légère teinte glauque de la végétation. Tallage intermédiaire ;

2° Absence de barbes (Saissette, caractère dominé) ;

3° Forme de l'épi : sensiblement carrée, lâche (H. inv. caractère dominant) ;

4° Couleur de l'épi : blanc-jaunâtre (les 2 géniteurs accusant peu de différence à ce point de vue) ;

5° Grain rougeâtre, de forme, grosseur, volume, cassure 1/2 cornée = Saissette caractère dominant ;

6° Résistance à la verse : bonne (9 sur 10) ;

7° Résistance aux rouilles : très bonne (4 sur 5).

Année 1924-1925. F^2. — Semis des grains de F^1, épi par épi, grain par grain, en pleine terre et en lignes jumelées. En 1924, tous nos semis de F^2 n'ont pu être faits que tardivement, le 6 et le 8 décembre.

L'épiaison et la floraison ont eu lieu du 18 au 26 mai 1925 ; la récolte a été faite le 25 juin.

La séparation des formes jugées homozygotes, nous fut ici singulièrement plus facile que pour nos hybrides de Touzelle, mais comme précédemment, nous jugeons excessive aujourd'hui notre élimination de types. Nous en avons conservé 8 seulement, catalogués de 2a à 2h.

Année 1925-1926. F^3. — Le 30 octobre 1925, semis en lignes, grain par grain, des semences d'un seul pied-mère pour chacune des 8 formes conservées.

Grande homogénéité de végétation jusqu'à l'épiaison et peu de différence avec la Saissette témoin, sauf un port plus dressé et une teinte glauque plus ou moins marquée, selon les lignées. Nous devons dire qu'ici le supplément de vigueur dû à l'hybridation a été le moins accusé de tous ceux observés dans nos essais.

L'épiaison et la floraison s'échelonnent du 6 au 20 mai 1926 et nous facilitent le choix des types au point de vue précocité. En juin, la résistance à la verse, variable, des lignées (entre 7 et 9,5 sur 10) nous permet de compléter notre choix.

A la récolte, le 25 juin 1926, 4 formes (2a, 2b, 2c et 2e) sont seules conservées.

Ce que nous avons dit pour nos hybrides de Touzelle, relativement aux années suivantes, s'applique intégralement à nos hybrides du groupe 2. Le type 2b ayant été éliminé, nous ne décrivons que les formes 2a, 2c et 2e.

Remarque. — Ce croisement nous a donné la forme 2e, à épi barbu de Saissette sur une tige rigide que nous n'avons jamais rencontrée dans le croisement inverse. Ce dernier, au contraire, nous a donné, parmi les autres, 2 types que nous n'avons jamais observés dans le groupe que nous venons de décrire.

Groupe N° 20

Hybrides de Saissette de Provence × Hâtif inversable.

Année 1922-1923. — Le choix et l'origine des géniteurs ont été les mêmes que dans le cas précédent. Toutefois, nous nous sommes adressés à une deuxième ligne de Hâtif inversable semée 15 jours plus tôt.

Le 24 mai 1923, castration de 3 épis seulement de Hâtif inversable à 23 épillets, fécondation le 26 mai avec des épis de Saissette à 22 épillets. Récolte des épis le 6 juillet ; l'égrenage distinct épi par épi ne nous a donné au total que 11 grains susceptibles d'être semés.

Année 1923-1924. F^1. — Le semis des grains précédents, séparés épi par épi, a eu lieu le 24 octobre dans 2 pots très grands enterrés en pleine terre.

Nous avons noté un retard manifeste de l'épiaison et de la floraison (du 15 au 30 mai) sur les hybrides N° 2. La récolte a été faite le 26 juin.

Les caractères dominants et dominés observés, en faisant abstraction de ceux du feuillage et de la hauteur du chaume, ont été les mêmes que précédemment.

Année 1924-1925. F². — Le semis a eu lieu en pleine terre. en ligne, grain par grain, le 8 décembre 1924. L'épiaison et la floraison ont été tardives, du 1 au 6 juin ; la récolte des pieds, préalablement ensachés à cause des moineaux, a été faite le 4 juillet.

Cette deuxième génération nous a donné la plupart des types du groupe N° 2, sauf la lignée 2e et nous ne les avons pas conservés, étant inférieurs et plus tardifs. Mais nous avons été frappé par la forte proportion (44 o/o exactement) d'un type nouveau à épi très long et très lâche, sans barbes et à paille haute, non observé dans le croisement inverse. Il nous a donné dans la suite, selon la couleur de l'épi (blanc ou rouge), les types 20a et 20b, que nous décrirons plus loin.

Groupe N° 3

Hybrides de Hâtif inversable × Blé dur de Médéah,

Remarque. — Pour tous nos hybrides de Médéah, nous serons obligés de nous étendre plus longuement, il s'agit, en effet, ici, non plus d'un simple croisement, mais d'une véritable hybridation entre 2 espèces de blés bien différentes : le Triticum vulgare, d'une part, à 21 chromosomes, et le Triticum durum, d'autre part, à 14 chromosomes. Notre curiosité nous a poussé à vérifier ces nombres chromosomiques, à l'état haploïde dans les cellules-mères du grain de pollen pour les géniteurs, à l'état diploïde dans les extrémités des jeunes racines de tallage pour quelques-uns de nos types, choisis parmi les plus dissemblables, au total 4. Nos chiffres ont été les mêmes 2n = 35 chromosomes.

Nous avons été étonnés par la très grande multiplicité de formes différentes que nous avons observée en F² et F³, alors qu'il n'en a pas été du tout ainsi dans nos croisements de Blé Poulard à 14 chromosomes également et de Blé tendre à 21 chromosomes (Hybrides d'Aubaine et de Buisson). Nous ne faisons ici, qu'ajouter

notre constatation à celles qui, depuis 1927 notamment, sont venues tour à tour confimer ou infirmer le problème posé par le Triticum turgidum. Il s'ensuit que dans tous nos Essais, nous avons dû mettre à part nos hybrides N° 3 et N° 30 et employer une désignation spéciale, le nombre de lettres de l'alphabet étant insuffisant. Les types conservés dans la suite ont été ramenés à notre méthode d'appellation.

Année 1922-1923. — L'origine du Hâtif inversable étant connue, le Médéah nous avait été fourni également par la maison Vilmorin. En 1921, 1922 et 1923, nous avons procédé à une sélection massale des épis et grains. Le choix des pieds-mères a eu comme directives le degré de résistance à la verse d'abord, la précocité et la beauté des épis ensuite.

Notre hybridation a porté sur 5 épis de Médéah à 28 et 29 épillets. La castration a été faite le 23 mai 1923 ; nous avons laissé expérimentalement 2 fleurs par épillet sur les 10 conservés pour 2 épis et une seule fleur, l'inférieure naturellement, pour les 3 autres.

La fécondation par des épis de Hâtif inversable à 24 épillets a été faite le 24 mai pour les épis à 1 fleur par épillet, le 25 mai pour les autres. La récolte des épis mûrs a eu lieu le 6 juillet. Dans l'un comme dans l'autre cas, le pourcentage des grains fécondés a été très faible. Au total 13 grains à peu près normaux, 5 ridés et échaudés et 3 médiocres, que nous avons conservés cependant.

Année 1923-1924. F^1. — Le semis a été fait le 24 octobre 1923 en grands pots enterrés en pleine terre avec toutes les précautions d'usage, les grains ridés et les 3 grains médiocres étant mis séparément dans 2 pots, les grains normaux de chaque épi dans un seul. La levée fut capricieuse et ne nous a donné que 9 touffes pour les grains normaux et 1 seule pour les grains ridés.

L'épiaison et la floraison furent échelonnées du 12 au 26 mai 1924. La végétation avait un aspect languissant, les pieds-mères ne nous donnèrent qu'un ou deux épis, le deuxième étant souvent

avorté au sommet, les tardillons étant complètement stériles. La récolte des épis a eu lieu le 26 juin 1924.

Les caractères *dominants* et *dominés* observés ont été les suivants :

1° Teinte glauque du feuillage (H. inv. caractère dominant) plus accusée que sur le géniteur témoin lui-même ;

2° Absence de barbes (Médéah, caractère dominé), mais épis courtement aristés au sommet ;

3° Epi carré dans sa moitié inférieure, pyramidé ensuite, effilé, parfois avorté au sommet (caractères intermédiaires) ;

4° Epis de couleur noir-violacé (Médéah caractère dominant) ;

5° Grains gros, ridés, un peu échaudés, de forme Hâtif inversable, mais à albumen corné (Médéah) ;

6° Résistance à la verse parfaite. Les chaumes étaient très gros, courts et rigides, pleins au-dessus du 2e nœud, demi-pleins au-dessous.

Dès la F^1, ce caractère nous a paru en transgression sur celui du Hâtif inversable.

Année 1924-1925. F^2. — Semis en pleine terre, le 8 décembre 1924, en lignes, grain par grain tous les 15 c/m et, par précaution, marqués d'un petit tuteur en bambou.

L'épiaison et la floraison se sont échelonnées pendant plus d'un mois, la récolte a été tardive et même très tardive en juillet, les épis ont dû être ensachés à cause des moineaux.

Nous nous remémorons cette explosion de formes, 37 types avaient été reconnus ; nous avons dû adopter un autre mode de désignation.

Voici, résumés, les résultats de nos observations de juin et juillet 1925 :

1° A peu près toutes les formes possibles d'épis ; barbus ou non ; très compacts, compacts, lâches ou très lâches ; pyramidaux, carrés ou en massues ; longs et courts jusqu'à des épis ramifiés, ont été rencontrés. Il en a été de même pour le caractère couleur de l'épi, avec prédominance cependant de la couleur noir-violacé et brun-rosé ;

2° Dans cet ensemble, un bien petit nombre de pieds ont fait retour aux géniteurs. Nous avons constaté la présence d'épis à axe fragile et à grain vêtu, comme dans l'Epeautre et l'Amidonnier ;

3° Un assez grand nombre de types, surtout ceux dont l'épi se rapprochait du Médéah, étaient ou complètement stériles, sans un seul grain, ou partiellement stériles (nous avons trouvé des épis renfermant un grain seulement), enfin, les autres types, en majorité, étaient fertiles, mais certains plus ou moins échaudés (la mise en sacs, jugée nécessaire, avait été préjudiciable) ;

4° Nous n'avons pas eu la prétention d'isoler à coup sûr, à cette deuxième génération des homozygotes, nous avons recueilli le maximum des formes fertiles, soit 29, dans le but de les mieux étudier à la F^3.

Année 1925-1926. F^3. — Chacune des formes précédentes dont nous avions conservé quelques épis avec leur tige comme prototype fut ensemencée en pleine terre, sur une seule ligne, le 30 octobre 1925.

Des variations considérables au cours du cycle évolutif furent constatées. Quelques lignées ne germèrent pas, quelques autres furent complètement stériles en juillet 1926 ; le type à épi ramifié perdit ce caractère *et prit l'aspect d'un Blé Poulard,* d'autres encore furent trop tardives et s'échaudèrent, enfin, nous vîmes apparaître 3 nouvelles formes non observées à la F^2.

Nous avons retenu 10 types au total pour les suivre en F^4.

Année 1926-1927. F^4. — Le semis en lignes, en pleine terre, mais non plus grain par grain, eut lieu les 6 et 8 novembre 1926. La levée générale se produisit le 18 novembre. A la récolte, 3 lignées furent éliminées comme hétérogènes, 2 autres comme trop tardives, 5 furent conservées et cataloguées :

3a, 3b, 3c, 3d. 3e.

Les années suivantes furent des années de contrôle ; de petits essais comparatifs de rendement nous firent éliminer les types 3c et 3d. Nous ne décrivons du présent croisement que les formes

3a, 3b et 3e.

En 1929, en nous servant des polygones de variations, nous sommes parvenu à séparer quelques lignées pures de ces 3 types, que nous suivons encore.

Groupe N° 30

Hybrides de Médéah × Hâtif inversable.

Année 1922-1923. — Cette hybridation a porté sur 2 épis de Hâtif inversable à 24 épillets qui ont été castrés le 24 mai 1923. La fécondation a eu lieu le 26 mai avec des épis de Médéah à 28 épillets. La récolte faite le 6 juillet nous donna 8 grains normaux, les autres, trop petits ou échaudés, ont été jetés.

Nous tenons à faire remarquer, relativement au nombre faible d'épis hybridés, que toutes nos hybridations de l'année 1923, soit 7 groupes, ont été faites à peu près à la même époque, que nous étions seul pour faire ce travail qui demande, comme on le sait, non seulement de la minutie, mais aussi du temps.

Année 1923-1924. F^1. — Semis en pots enterrés en pleine terre le 24 octobre 1923. L'épiaison et la floraison se sont produites du 16 au 22 mai 1924. La récolte a été faite le 26 juin. 5 touffes seulement donnèrent 1 ou 2 épis chacune.

Les caractères végétatifs dominants et dominés ont été absolument les mêmes que ceux du groupe précédent.

Année 1924-1925. F^2. — Dès cette année, les conditions culturales ont été identiques à celles du groupe N° 3 et nous ne les répétons pas. Nous résumons seulement l'essentiel de chaque année.

A la deuxième génération 33 types furent reconnus, parmi lesquels la plupart de ceux isolés au croisement inverse et notamment des formes à épi d'Epautre ou d'Amidonnier, des formes stériles ou partiellement stériles, etc. . .

Toutefois, nous avons observé que, dans cet ensemble, la couleur blanche ou claire de l'épi dominait et que, pour la majorité des mêmes types remarqués au croisement inverse, la paille était plus courte, mais la maturité plus tardive.

De nombreuses éliminations furent faites dans la suite. En F^3 nous conservons 12 types ; en F^4 6 types seulement.

Nous ne décrirons de ce groupe que les formes *30d* et *30e*. Nous les considérons comme de véritables mutations transgressives. La forme 30e n'a jamais été observée dans le groupe N° 3 et s'est montrée fixée dès la deuxième génération. La forme 30d n'a été rencontrée dans le groupe précédent que parmi celles ou complètement stériles à la F^2 ou devenues stériles à la F^3.

Groupe 4

Hybrides d'Aubaine × Hâtif inversable.

Année 1922-1923. — Nous ferons remarquer, tout d'abord, que ce croisement au lieu de s'adresser à l'Aubaine, aurait pu porter sur le Buisson. L'épi rougeâtre de l'Aubaine, caractère mendélien plus facile, nous l'a fait préférer à l'origine.

En second lieu, ayant déjà éprouvé les difficultés de la castration d'un épi de Médéah, nous avons préféré prendre l'Aubaine comme géniteur mâle.

La castration de 5 épis de Hâtif inversable à 24 épillets fut faite le 25 mai 1923. La fécondation suivit le lendemain, 26 mai, par des épis d'Aubaine à 23 épillets. Un vent violent ayant brisé dans la suite 3 de ces épis, 2 seulement nous donnèrent 9 grains dont un échaudé, le 6 juillet 1923.

Année 1923-1924. F^1. — Le semis fut effectué le 24 octobre en pots enterrés en pleine terre ; la récolte des épis eut lieu le 26 juin.

Les caractères *dominants* et *dominés* observés sont les suivants :

1° Paille courte et grosse, végétation extrêmement glauque (Hâtif inversable caractère dominant). Résistance à la verse : parfaite (10 sur 10) ;

2° Absence de barbes (Aubaine, caractère dominé) ;

3° Epi sensiblement carré, long et lâche (H. inv. caractère dominant) ;

4° Epi rougeâtre clair (rosé velouté sur le profil). Aubaine, caractère dominant ;

5° Grain gros, rougeâtre, d'aspect grossier et légèrement bossu (Aubaine caractère dominant).

Année 1924-1925. F[2]. — Semis, grain par grain, en pleine terre et en lignes comme précédemment, le 8 décembre 1924. Pleine épiaison le 23 mai ; pleine floraison le 2 juin.

A l'inverse de ce qui se produisait dans nos groupes N° 3 et N° 30, nous avons observé un retour massif aux formes génitrices et nous avons isolé 4 types seulement à cette deuxième génération, qui furent catalogués : 4a, 4b, 4c et 4d.

Au cours des années suivantes, les caractères végétatifs (vigueur très grande, feuillage très large et extrêmement glauque) se sont fidèlement transmis. Nous ne décrirons que les formes 4a et 4c.

Hybridations de 1926-1927 et 1928-1929.

Tous les types des groupes N° 5 et N° 50, d'une part, N° 6 et N° 60, d'autre part, étant actuellement en cours d'études, nous ne ferons, ici, que mentionner les caractères dominants et dominés observés en F[1]. Disons tout de suite qu'ils ont été exactement les mêmes en 1928 et 1930.

A. — *Hybrides de Hâtif inversable Buisson* (1927) *et réciproques* (1929) :

Voici les caractères mendéliens observés en F[1].

1° Paille grosse et courte (Hâtif inv., caractère dominant) ;

2° Absence de barbes, mais épi un peu aristé au sommet (Buisson, caractère dominé) ;

3° Epi pyramidal, très long et lâche (caractère en transgression sur les géniteurs) ;

4° Epi blanc-jaunâtre, présentant quelques épillets déjetés à droite ou à gauche de l'axe (cas fréquent dans le Buisson) ;

5° Grain de forme Hâtif inversable, mais ayant l'aspect et la couleur du Buisson ;

6° Résistance à la verse : bonne (9 sur 10).

La deuxième génération nous a donné 7 types en 1928-29 et 8 cette année, en juillet 1931.

B. — *Hybrides d'Ardito × Buisson* (1927) *et réciproques* (1929).

Nous signalons, en passant, la très grande précocité de l'Ardito, ce qui nous a contraint à faire des semis échelonnés de 15 jours en 15 jours, et ce qui a abouti à des surprises inattendues.

Les caractères *dominants* et *dominés* observés en F^1 ont été les suivants :

1° Paille haute (Buisson), mais forte, creuse et demi-pleine seulement au dernier mérithalle (Ardito) ;

2° Epi barbu, mais du type Ardito (caractère dominant) ;

3° Epi longuement pyramidal, lâche, très effilé au sommet, à 24-26 épillets tous fertiles (Buisson, caractère dominant) ;

4° Epi de couleur rouge clair (Ardito, caractère dominant) ;

5° Grain bossu et gros, d'aspect grossier, glacé (Buisson, caractère dominant) ;

6° Résistance à la verse : assez bonne (8 sur 10).

La deuxième génération nous a donné 11 types en 1928-29 et 11 types également en juillet 1931.

TROISIÈME PARTIE

Nous allons passer, maintenant, à la description des formes hybrides déjà signalées.

Nous joignons 2 planches à notre exposé. La planche I représente tous nos types de Touzelle, de Saissette et d'Aubaine, avec leur désignation correspondante. Nous avons été obligés d'utiliser pour cette reproduction, des épis provenant de notre dernière récolte 1931. Or, cette année, les conditions culturales de nos collections ont été exceptionnellement défavorables (semis trop denses, lignes trop rapprochées et emplacement assez épuisé par les récoltes précédentes) Il en résulte que les épis en question


1a
1b
1d
10a
2a
2c
20a
20b
2e
4a
4c

donnent une idée inexacte quant au nombre total d'épillets, notamment, et quant à la présence d'épillets avortés à la base de l'épi. Ils représentent, en définitive, le côté minimum de nos polygones de variations, au lieu du prototype que nous aurions désiré. Néanmoins, les autres caractères morphologiques sont respectés.

La planche II est exclusivement consacrée à nos hybrides de Médéah (c'est pourquoi nous décrivons nos formes 4a et 4c avant ces derniers). Nous avons pu, à leur sujet, utiliser nos collections de pieds-mères de l'année 1930 et reproduire aussi bien que possible les prototypes de ces formes. Dans les épis, vus de profil, nous avons été obligés de couper les barbes du côté opposé à l'objectif.

Remarque générale. — Dans chacune des formes hybrides que nous allons décrire, l'examen comparatif de certains caractères biométriques, de l'épi notamment, du grain dans quelques cas, nous a permis de séparer 2 ou 3 lignées dont nous poursuivons l'étude.

Ce n'est donc qu'ultérieurement et pour les seules formes conservées que nous exposerons l'ensemble des caractères biométriques. Nous nous limitons aujourd'hui à la description des caractères essentiels de ces types.

Forme I a

Caractères végétatifs. — Plante jeune à port dressé, à feuilles larges, d'un vert glauque (teinte bleutée du Hâtif inversable).

Son degré de tallage est intermédiaire entre ceux des géniteurs témoins. La moyenne de plusieurs années, dans nos semis grain par grain, seulement, nous donne le chiffre de 10.9.

Le cycle évolutif (moyenne de plusieurs années) peut se résumer ainsi :

semis	du 20 au 30 octobre
épiaison	du 15 au 20 mai
floraison	du 17 au 24 mai
maturité	du 20 au 28 juin

résistance à la verse (cotée à l'échelle de 0 à 10)....	bonne (9 sur 10)
résistance aux rouilles (cotée à l'échelle de 0 à 5)	moyenne (3 sur 5)
résistance à l'échaudage...	parfaite
résistance à l'égrenage....	bonne (épi dur)

Caractères morphologiques. — *Paille* creuse, forte, moyennement grosse sous l'épi, de couleur blanc-jaunâtre, de hauteur très nettement intermédiaire entre celle des géniteurs ; la moyenne de plusieurs années nous donne de 1 m. 10 à 1 m. 15 Paille d'une bonne résistance à la rupture.

Epi blanc-jaunâtre, glabre, érigé, sans barbes, non aristé au sommet, long, demi-lâche (4,5), presque carré, légèrement effilé au sommet.

La forme de l'épi se rapproche beaucoup plus de celle de la Touzelle génitrice que du Hâtif inversable, mais l'épi est moins cylindrique, plus carré et surtout plus régulièrement pyramidal de la base au sommet.

Epillets régulièrement imbriqués, peu ouverts, comme dans la Touzelle mère (épi plus large sur le profil que sur la face) à 2 ou 3 fleurs fertiles. L'épillet terminal est à 2 fleurs régulièrement fertiles.

Glumes courtes recouvrant presque complètement les glumelles, à carène dorsale bien marquée jusqu'à la base et portant une autre nervure latérale bien détachée du côté interne.

Glumelles inférieures ventrues, à crochet terminal bien visible, dont la longueur augmente dans les épillets du sommet, sans excéder 3 m/m.

Glumelles supérieures, s'emboîtant hermétiquement et recouvrant bien le grain.

Grain gros, allongé, blanc-jaunâtre, lourd, à cassure farineuse ou demi-glacée, cette dernière domine (75 o/o environ). La forme, la couleur, les dimensions, l'aspect, en un mot, de ce grain est presque identique à celui de la Touzelle témoin.

Observations. — La forme *Ia* est celle qui, à notre avis, se rapproche le plus du but initial que nous nous sommes proposé

d'atteindre, à savoir : de transposer un bel épi de Touzelle sur une tige inversable. Cette forme nous a donné 3 lignées don 2 sont encore à l'étude.

Forme I b

Pour ce type, la plupart des caractères végétatifs (cycle évolutif notamment) ou morphologiques sont identiques ou voisins de ceux de la forme précédente. Aussi nous ne mentionnons que les caractères différentiels :

Paille forte et creuse, plus courte que la précédente, moyenne de plusieurs années 1 m. 05 à 1 m. 10, un peu cassante à la rupture.

Epi *rosé*, surtout sur le profil, dressé, glabre, sans barbes, les épillets du sommet sont un peu aristés. L'épi a une forme plus pyramidale et plus large que le précédent, à section carrée et il est plus compact (moyenne dominante : 4,25).

Grain très beau, plus gros, plus allongé et plus lourd que dans Ia, de couleur jaune cornée clair, à cassure farineuse ou glacée dans une proportion sensiblement équivalente.

Cette forme ne nous a pas permis d'isoler des lignées suffisamment distantes. D'une très grande homogénéité, nous la conservons surtout à titre comparatif.

Forme I d

Caractères végétatifs. — Plante jeune, à port dressé, à feuilles larges et à végétation glauque également.

Degré de tallage le plus faible de tous nos hybrides de ce groupe, en moyenne : 8,5 dans nos semis grain par grain.

Cycle évolutif analogue à ceux des formes précédentes, de Ia, que nous avons donné comme prototype, mais plus long, 4 à 5 jours de retard à l'épiaison, 2 à 3 jours seulement à la maturité. Très bonne résistance à la verse : 9,5 sur 10, mais le plus sensible du groupe N° 1 aux rouilles, degré de résistance 2 à 2,5 sur 5 selon les années.

Caractères morphologiques. — Paille *courte*, la moyenne de plusieurs années est comprise entre 0 m. 90 et 1 m., *demi-pleine*, très forte et très résistante à la rupture, nettement striée longitudinalement.

Epi jaunâtre, à profil légèrement rosé, glabre, sans barbes, mais à épillets supérieurs plus ou moins longuement aristés.

Epi court, demi-compact (moyenne : 3,7), plus large sur le profil que sur la face, comprenant de 16 à 23 épillets fertiles. Epillets peu ouverts, mais régulièrement à 3 grains, sauf pour ceux du sommet.

Glumes courtes et très grosses, à pointe terminale très peu accusée, fortement carénées et nerviées. Glumelles inférieures à crochet très aigu, se détachant au-dessous de l'extrémité supérieure.

Grain d'apect court et gros, blanc-jaunâtre et lourd, à peu près complètement farineux.

Observations. — Cette forme, très intéressante au point de vue de sa résistance à la verse et de son indice de fertilité, nous paraît cependant posséder un ensemble de caractères qui l'éloigne de la Touzelle pour la rapprocher du Hâtif inversable. Nous poursuivons l'étude de 2 lignées.

Forme 10 a

Caractères végétatifs. — Sont voisins des précédents. Plante jeune à port dressé et à végétation herbacée, la plus glauque de la série Touzelle. Degré de tallage plus faible que dans les formes Ia et Ib : 9,1 en moyenne.

Cycle évolutif analogue, mais en avance de 3 à 4 jours sur Ia. C'est notre forme la plus précoce, la plus résistante à l'égrenage et à la verse (9,5 sur 10) de tous nos hybrides de Touzelle.

Caractères morphologiques. — Paille courte, 0 m. 95-1 m. 05 en moyenne, blanche forte, demi-pleine mais cassante.

Epi blanc-jaunâtre, glabre, dressé, souvent un peu arqué sur la face, sans barbes, mais à sommet plus ou moins longuement aristé.

Epi demi-lâche (4,8 en moyenne), effilé régulièrement de la base au sommet, à face aussi large que le profil, mais à contour cylindrique.

Epillets écartés, moins imbriqués que dans le cas précédent, plus ouverts, à 2-3 fleurs fertiles, dont le nombre varie entre 16 et 27.

Glumes allongées et étroites, à mucron terminal très marqué, fortement carénées. Glumelles bien emboîtées. Dans un même épillet, les fleurs sont très nettement détachées l'une de l'autre.

Grain rougeâtre, allongé, plus étroit que celui du Hâtif inversable et plus long que celui de Touzelle, d'aspect demi-glacé et demi farineux. Ce grain est très lourd.

Observations. — Cette forme, quoique représentant moins bien certains caractères de la Touzelle que la forme Ia, nous paraît très intéressante sous le rapport production. Elle nous a donné 2 lignées très distinctes, que nous suivons.

Forme 2 a

Caractères végétatifs. — Plante jeune, à port dressé, à feuilles larges, végétation d'un vert clair prenant une teinte glauque assez marquée, vers l'épiaison.

Degré de tallage relativement faible, notre moyenne = 7,3. Cycle évolutif un peu plus court que celui des hybrides du premier groupe. En moyenne :

Semis	du 25 au 30 octobre
Epiaison	du 8 au 15 mai
Floraison	du 12 au 18 mai
Maturité	du 18 au 24 juin
Verse....................	assez bonne, 8 sur 10.
Rouilles.................	bonne, 4 sur 5
Echaudage	parfaite
Egrenage	bonne

Caractères morphologiques. — *Paille* haute, 1 m. 25 à 1 m. 30 en moyenne, blanche, forte et creuse, notablement plus grosse sous l'épi que dans la Saissette témoin.

Epi : pourrait être défini comme étant un épi de Saissette sans barbes et *arqué.* C'est un épi blanc, demi-lâche (4,7), à gros épillets en nombre variable, de 17 à 25, à section transversale presque carrée.

Epillets gros, ouverts, à 2 ou 3 grains, assez rarement pourvus d'un 4e grain. Glumelles inférieures prolongées par un rudiment d'arête dont la longueur croît de la base au sommet de l'épi, d'une part, et dans un même épillet de la fleur inférieure à la dernière fleur fertile, ce qui explique l'aspect bifide de certains épillets dans l'épi photographié.

Grain gros allongé et relativement étroit, à albumen corné (aspect glacé) dans la proportion de 80 o/o environ, l'autre partie comprenant des grains à cassure farineuse, vraisemblablement issus des 3e et 2e fleurs fertiles.

Observations. — Cette forme est la plus tardive des hybrides du groupe N° 2, la moins résistante à la verse, mais c'est aussi non pas la plus productive (20a ou 20b), mais une des plus productives. La qualité de son grain nous a frappé et nous suivons actuellement 2 lignées, émanées d'elle.

Forme 2 c

Est assez voisine de la précédente : voici les caractères différentiels :

Végétation très glauque à l'épiaison. Degré de tallage plus élevé, 8,3 en moyenne. Plus précoce de 3 à 6 jours, selon les années, que la précédente.

Paille haute, 1 m. 15 à 1 m. 20 et demi-pleine, moins grosse que celle de la forme 2a, mais plus rigide. Résistance à la verse 8,5 à 9 sur 10, par contre plus sensible aux rouilles, degré de résistance 2 à 3 sur 5.

Epi dressé et non arqué, demi-compact, sans barbes, mais assez longuement aristé au sommet, de couleur blanc-jaunâtre et de forme plus carrée, rappelant celle du Hâtif inversable.

Le grain est court, gros, rougeâtre, et la cassure farineuse domine.

Nous conservons encore cette forme à titre comparatif, parce qu'elle représente davantage l'épi de Saissette normal, sans barbes, mais nous la considérons comme inférieure à la forme 2a.

Forme 2 e

Caractères végétatifs. — Ce sont les précédents, accentués. La teinte glauque de la végétation est encore plus prononcée ; le degré de tallage plus élevé (moyenne 10,8) ; la précocité accrue (2 à 3 jours sur la forme 2c) ; de même pour la résistance à la verse (9 à 9,5 sur 10) et aux rouilles (3,5 sur 5).

Caractères morphologiques. — Paille de hauteur moyenne (1 m. à 1 m. 10), blanche, forte, un peu fine et demi-pleine sous l'épi.

L'épi, c'est celui de la Saissette tout court, dans tous ses caractères, mais il s'agit ici d'un épi blanc-jaunâtre (race choisie comme géniteur).

Le grain, c'est celui de la Saissette ordinaire, rougeâtre, à albumen farineux, demi-corné ou corné entièrement, mais il est dans l'ensemble plus gros et plus allongé.

Observations. — Cette forme, comme notre type 30d, représente le maximum de ce qu'il nous a été possible d'obtenir, dans le cadre que nous nous étions fixé, et que nous répétons : « greffer un bel épi de Saissette, sur une tige inversable, sans altérer ses qualités ».

Nous suivons actuellement 2 lignées distinguées d'après l'indice de fertilité et du plus grand nombre d'épillets fertiles, mais nous considérons cependant cette forme comme très nettement homozygote et très homogène

Forme 20 a

Les caractères végétatifs sont les mêmes que précédemment, sauf qu'avec la forme 20b, ce sont les types les plus tardifs de tous nos hybrides de Saissette. La résistance à la verse et aux rouilles est très bonne, le degré de tallage plus élevé.

Les principaux caractères morphologiques distinctifs résident :

— en une paille haute, 1 m. 30 à 1 m. 40, très grosse, forte et blanche ;
— en un épi très long, lâche, blanc-jaunâtre, à gros épillets très détachés, faiblement aristés au sommet, en nombre variable, de 18 à 28, le plus souvent à 3 grains. La section transversale de l'épi est plutôt carrée ;
— en des grains très gros, longs, rougeâtres, avec la proportion de 2/3 de farineux pour 1/3 de cornés.

Forme 20 b

Présente absolument les mêmes caractères que la forme 20a, mais l'épi est rouge et le grain blanc-jaunâtre, très gros aussi.

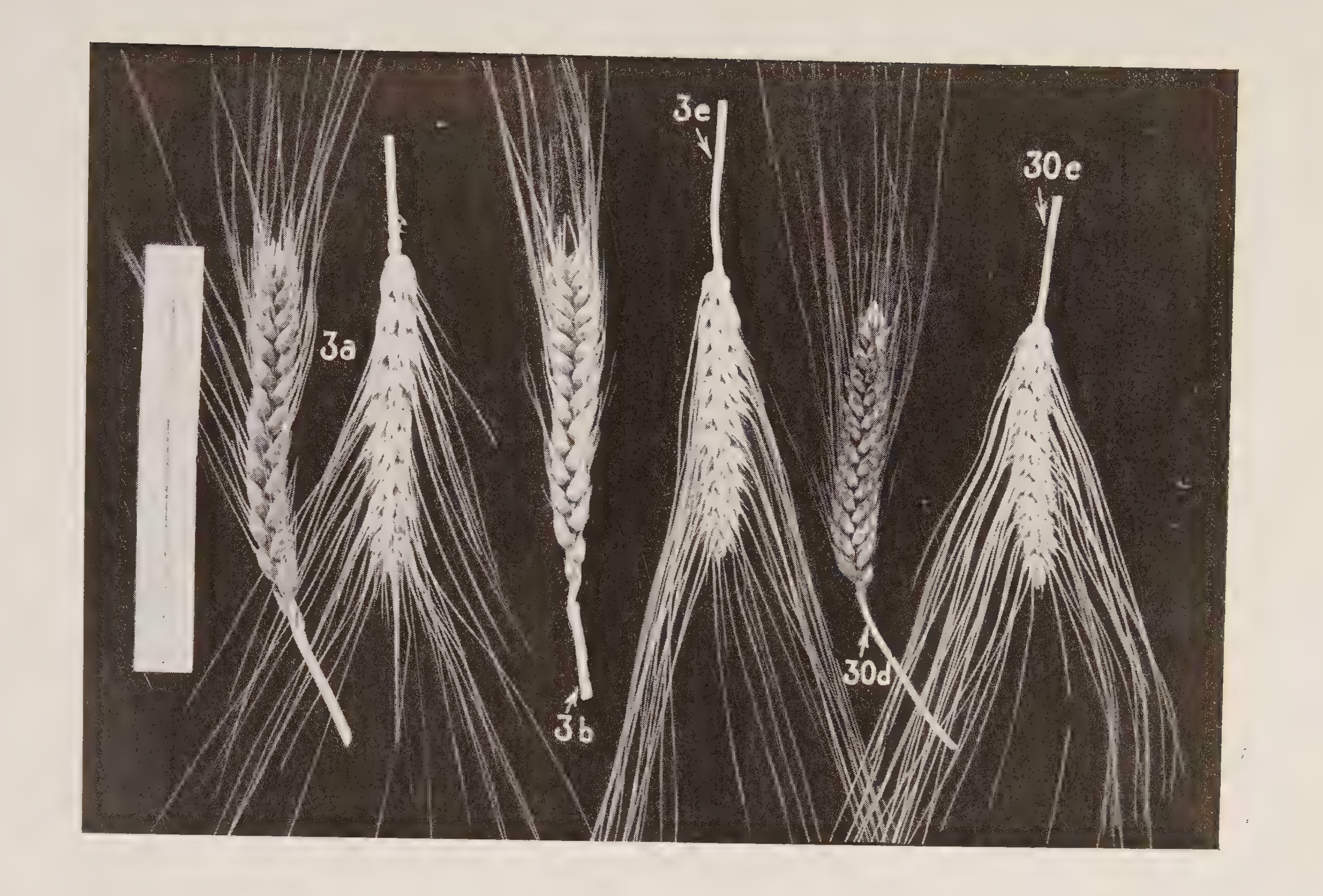
Observations. — Ces 2 formes 20a et 20b nous apparaissent encore les plus productives de la série, et il nous a été facile, ici, d'isoler plusieurs lignées. Cependant nous estimons que l'ensemble de leurs caractères les éloignent trop du type Saissette.

Forme 4 a

Caractères végétatifs. — Plante jeune à port étalé, à feuilles très larges, d'un vert sombre. La teinte glauque, qui apparaît bien avant l'épiaison, est ici très fortement accusée et les plantules dénotent une très grande vigueur.

Le cycle évolutif est comparable aux précédents, en moyenne :

Semis	fin octobre
Epiaison	du 15 au 20 mai
Floraison	du 18 au 25 mai
Maturité	du 25 au 30 juin
Résistance à la verse	parfaite, 10 sur 10
— aux rouilles	très bonne, 4 sur 5
— à l'échaudage	très bonne
— à l'égrenage	excellente
Degré de tallage (semis grain par grain)	élevé (13,5 à 14)


3a
3b
3e
30d
30e

Caractères morphologiques. — Paille de hauteur moyenne, 1 m. 15 à 1 m. 30, très forte, grosse et creuse.

Epi rougeâtre, sans barbes, régulièrement pyramidal et effilé au sommet sur le profil comme sur la face, mais épi lâche et long.

Epillets ouverts, à 3 grains. Glumes fortement carénées et nerviées. Glumelles très étroitement emboîtées.

Grain très gros, rougeâtre, un peu bossu, d'aspect grossier, à cassure glacée (40 o/o) ou farineuse (60 o/o).

Forme 4 c

Est voisine de la précédente.

Les caractères végétatifs sont les mêmes, mais le cycle évolutif est plus tardif de 3 à 4 jours,

L'épi a exactement les mêmes caractères que le précédent, mais il est barbu (barbes en éventail, roussâtres).

Le grain est identique, toutefois la proportion de grains glacés domine.

Observations. — Ces 2 types, remarquablement homogènes, nous paraissent avoir une valeur équivalente. Ils ne nous ont pas donné de lignées distinctes.

Forme 3 a

Caractères végétatifs. — Plante jeune à port dressé, à feuilles que nous qualifierons de normales, d'un vert franc, plutôt sombre. La teinte glauque de la végétation s'est ici considérablement atténuée depuis la F^1.

Degré de tallage faible (7,1 en moyenne).

Relativement au cycle évolutif, celui de 3a va nous servir de prototype pour les autres formes hybrides de Médéah. Il représente la moyenne de nos observations totales :

Semis	fin octobre
Epiaison	18-25 mai
Floraison	20-27 mai

Maturité	25-30 juin
R. verse.................	parfaite (10 sur 10)
R. rouilles	assez bonne (2,5 à 3 sur 5)
R. échaudage	très bonne
R. égrenage	excellente

Caractères morphologiques — Paille haute, 1 m. 25 à 1 m. 35, forte, grosse, raide, demi-pleine.

Epi barbu, barbes en éventail dont la longueur est progressive, de la base au sommet.

Epi rouge, légèrement noir-violacé sur le profil, barbes roussâtres.

Epi très long, demi-compact, un peu en massue au sommet, plus large sur la face que sur le profil, souvent un peu tordu ou arqué.

Epillets nombreux, très ouverts, à 3 ou 4 grains. Les *glumes possèdent une particularité rare :* elles possèdent une véritable arête, très fine, dont la longueur, de 1 c/m à la base de l'épi, va en croissant vers le sommet, 2 c/m et davantage.

Grain rougeâtre, long, étroit, très joli, lourd et totalement corné (blé dur).

Forme 3 b

Diffère du précédent :

— par une paille plus courte (1 m. 10 à 1 m. 20), mais encore plus grosse, raide et plus creuse ;

— par un épi dressé, nettement en massue au sommet, barbu, rougeâtre, parfois légèrement noir-violacé sur le profil, comme le précédent ;

— par des épillets encore plus gros, plus nombreux et plus ouverts, ou le chiffre de 4 grains domine. Ici, les glumes ne présentent qu'un petit crochet de 1 à 2 m/m à la base de l'épi, qui devient une fine arête de 6 à 8 m/m de longueur dans la partie en massue ;

— par des grains plus gros, encore plus lourds, complètement cornés et rougeâtres.

— les caractàres végétatifs et le cycle évolutif sont les mêmes.

Forme 3 e

Caractères végétatifs. — Ils sont ici assez différents. La plante jeune a un port très dressé ; les feuilles jusqu'à l'épiaison ont un limbe entièrement érigé, non retombant et d'une couleur vert clair, un peu jaunâtre.

C'est cette opposition avec les 2 formes précédentes que nous appelons feuilles spéciales, la gaîne et le chaume sont très glaucescents. Le degré de tallage est très faible (4,8 à 5,2) dans nos semis grain par grain.

Les autres caractères du cycle évolutif sont les mêmes, mais ce type est en retard de 4 jours environ, à la maturité, sur les précédents. La résistance à la verse est parfaite, 10 sur 10, comme d'ailleurs celle de tous nos hybrides de Médéah que nous décrivons.

Caractères morphologiques. — Paille très courte, 0 m. 80 à 0 m. 90, plus courte que celle du Hâtif inversable, grosse, raide et bien pleine.

L'épi rappelle d'une façon parfaite celui du Médéah ; même forme pyramidale, même compacité, longueur, forme des barbes longuement divergentes, mais il est rougeâtre, très légèrement noir-violacé sur le profil, et les barbes sont roussâtres.

Les épillets sont à 3 ou 4 grains et les glumes n'ont pas la particularité précédente.

Les grains sont petits, rougeâtres, allongés, cornés comme ceux du Médéah, dont ils se rapprochent beaucoup ; il y a une faible proportion de grains incomplètement durs ou un peu farineux.

Forme 30 d

C'est notre obtention la plus remarquable dans le cadre de notre but initial. Cette forme représente un véritable épi de Médéah, pyramidal, compact, barbu, noir-violacé comme lui, mais supporté par une paille rigide, inversable, extrêmement courte (0 m. 70 à 0 m. 80) et ici c'est un caractère nettement

transgressif. Cette paille est grosse à la base, fine sous l'épi, mais pleine.

Le grain a absolument tous les caractères de celui du Médéah, mais il est plus rougeâtre.

Les caractères végétatifs sont ceux de la forme (3e), même feuillage spécial, tallage encore plus faible et elle est encore de 2 à 3 jours plus tardive, à la maturité.

Forme 30e

C'est l'exacte reproduction de notre forme 30d, mais avec un épi complètement blanc, ainsi que les barbes, la paille est un peu plus haute, 0 m. 75 à 0 m. 90 et pleine également.

Ce type est plus précoce, son cycle évolutif est celui des formes 3a ou 3b, mais son feuillage est également spécial.

Observations. — Ces 5 formes hybrides de Médéah et de Hâtif inversable sont intéressantes à plus d'un point de vue. Nous n'avons fait dans cet exposé que les énumérer et les décrire. Au point de vue rendement et même beauté de grain, nous estimons nos formes 3a et 3b comme bien supérieures au Médéah lui-même. L'examen des caractères biométriques nous a donné quelques lignées et quelques surprises, que nous nous réservons de publier ultérieurement.



Montpellier. — Imp Ch. Déhan.

ESSAIS DE LUZERNE
A L'ECOLE NATIONALE D'AGRICULTURE DE MONTPELLIER

Par D. VIDAL
Professeur d'agriculture à l'Ecole nationale d'Agriculture de Montpellier

La dernière récolte de graines de luzerne ayant été très déficitaire dans notre pays, les semences de cette plante d'origine indigène sont rares et fort chères. Aussi offre-t-on couramment aux agriculteurs français, à des prix, d'ailleurs, sensiblement moins élevés, des luzernes importées des Etats-Unis, du Canada, de la République Argentine, du Cap, d'Espagne, de Russie, et surtout du Turkestan. Celles de ce dernier pays sont vendues actuellement dans notre région méditerranéenne à raison de 8 à 9 fr. le kilo, alors que la luzerne de Provence vaut à peu près le double.

Les praticiens sont d'autant plus embarrassés pour faire un choix qu'ils sont généralement mal renseignés sur les valeurs respectives des luzernes de diverses provenances, cette question ayant été assez peu étudiée jusqu'à aujourd'hui et n'ayant donné lieu qu'à un petit nombre d'essais. C'est pourquoi je crois devoir faire connaître les résultats d'expériences comparatives entreprises à ce sujet à l'Ecole nationale d'agriculture de Montpellier en 1913, interrompues pendant la guerre, mais reprises ensuite et continuées jusqu'en 1922, et dont les résultats n'ont pas encore été publiés. Evidemment, ces résultats sont surtout intéressants pour les agriculteurs du Midi méditerranéen; mais il est important de remarquer qu'ils concordent, dans leur ensemble, avec ceux des quelques essais entrepris antérieurement sur d'autres points de notre pays.

Les semences employées avaient été mises à ma disposition, avec garantie absolue d'authenticité, par M. Félix Blain, aîné, de St-Rémy-de-Provence, président du Syndicat des marchands

Provenance	1914					1919					1920					1921					1922					Moyenne des rangs de classement
	1re coupe	2e coupe	3e coupe	Total	Rang de classemt.	1re coupe	2e coupe	3e coupe	Total	Rang de classemt.	1re coupe	2e coupe	3e coupe	Total	Rang de Classemt.	1re coupe	2e coupe	3e coupe	Total	Rang de classemt.	1re coupe	2e coupe	3e coupe	Total	Rang de classemt.	
	kg			kg		kg		kg	kg		kg	kg	kg	kg		kg	kg	kg	kg		kg	kg		kg		
L. d'Italie	39,5			39,5	1	14,5		18,5	33	7	34,5	18	6	58,5	1	45	29	17,5	91,5	4	45	24		69	6	3,60
L. d'Espagne......	21,5			21,5	8	12		24,5	36,5	6	33	16,2	4,5	53,7	3	31	20	18,5	69,5	7	35	25		60	7	6
L. d'Algérie	25,5			25,5	6	14,5		29,5	44	2	36	16	4,1	56,1	2	43	21,5	20	84,5	6	46	31		77	4	4
L. de Provence...	31,5	Non faite	Non faite	31,5	3	20,5	Nulle. Sécheresse intense	27	47,5	1	32	14,5	4,7	51,2	5	48	28,3	21,3	97,6	1	50	32	Défrichement	82	2	2,40
L. de Turkestan...	23,5			23,5	7	10,5		13	23,5	8	25	7,5	2,8	35,3	8	37	13	14	64	8	35	15,5		50,5	8	7,80
L. de Hongrie....	33,5			33,5	2	18		26	44	3	27	13	7,2	47,2	7	43	23,2	21,5	87,7	5	42	28		70	5	4,20
L. de Poitou ou de pays	27,5			27,5	4	20		22	42	5	32,5	14,5	6,6	53.7	4	49	24	22,2	95,2	2	49	28,3		77,3	3	3,40
L. Flamande	26,5			26,5	5	17,5		25	42,5	4	29,5	14,3	4,3	48,1	6	47	25,4	21	93,4	3	65	31		96	1	3.60

de graines de luzerne de Provence. Les semis eurent lieu le 22 mars 1913, en terre argilo-calcaire fumée et sur défoncement de 0 m. 40 de profondeur. La surface dont je disposais étant assez restreinte, je ne pus accorder à chaque variété ensemencée qu'une seule parcelle de 20 m² ; mais la terre d'expérience était d'une homogénéité très satisfaisante. Un sarclage soigné fait peu de temps après la levée permit aux luzernes essayées de s'emparer entièrement du sol. On renouvela cette façon en 1914, après l'hiver, et il en fut de même chaque année, après la guerre, de 1919 à 1922.

Les résultats des pesées faites après les diverses coupes sont mentionnées dans le tableau suivant :

Le lecture de ce tableau montre que les variétés essayées se sont classées de la manière suivante :

1re	Luzerne	de Provence
2me	—	de Poitou
3me ex-æquo.	—	d'Italie et Luzerne flamande
4me	—	d'Algérie
5me	—	de Hongrie
6me	—	d'Espagne
7me	—	de Turkestan

Les luzernes étrangères ont donc été inférieures à nos variétés indigènes. Cette conclusion de notre essai concorde avec celles que l'on a pu tirer des quelques expériences comparatives faites auparavant.

Il y a, cependant, des différences notables entre ces variétés étrangères :

La luzerne d'Italie s'est classée peu après nos variétés françaises, et il en a été de même dans les expériences antérieures. Mais, cette année, l'Italie n'a pu nous envoyer des graines de cette plante parce que sa récolte a été aussi déficitaire que la nôtre.

La variété flamande, classée ex-æquo avec la précédente, semble donc peu inférieure à nos luzernes indigènes ; mais il n'en a pas été question dans les essais faits autrefois sur d'autres points de notre pays. De même, la luzerne d'Algérie et celle d'Espagne n'ont pas figuré dans ces mêmes essais alors qu'elles se sont classées respectivement quatrième et sixième dans les

nôtres. Celle de Hongrie, venue au cinquième rang dans ces derniers, avait été généralement reconnue de bonne qualité antérieurement.

Quant à la luzerne du Turkestan, elle s'est montrée inférieure dès la première année et elle a dépéri ensuite très vite. En 1919, après la guerre, la parcelle qui la portait était très notablement dénudée et, à partir de ce moment, cette variété se classait chaque année au dernier rang. Des constatations analogues ont été faites à peu près à la même époque dans deux essais poursuivis en Seine-et-Oise, dans les terres d'expériences de la Station d'essais de semences de Paris. Il semble donc que la luzerne du Turkestan, à cause de sa courte durée, soit nettement inférieure à la luzerne de Provence, et je crois que les agriculteurs méridionaux ont intérêt à ne pas se laisser impressionner par les prix relativement bas auxquels on offre actuellement ses semences et à proscrire cette variété de leurs cultures, bien que le Dr Trabut ait attiré l'attention des cultivateurs algériens sur sa grande résistance à la sécheresse et qu'il ait émis l'avis que cette plante « paraît être une bonne acquisition qui permettra d'étendre la culture de la luzerne en terre sèche. » (1).

Restent les luzernes américaines et celle du Cap offertes actuellement en quantités assez importantes aux agriculteurs français. Elles n'ont pas figuré dans mes essais. Mais des observations faites antérieurement à leur sujet en France par M. Schribaux, en Angleterre à l'Institut de Botanique agricole de Long Sutton (Hampshire) leur ont été assez nettement défavorables. Il en a été de même pour la luzerne du Cap essayée récemment dans ce même Institut.

En résumé, on doit accorder la préférence aux variétés françaises et, dans le Midi, à la luzerne de Provence parfaitement adaptée aux conditions naturelles du milieu. On peut, à la rigueur, ensemencer des luzernes flamandes, d'Algérie, de Hongrie et d'Espagne, mais à la condition de les payer sensiblement moins cher que les précédentes. Il paraît sage de rejeter les luzernes américaines et, peut-être aussi, celle du Cap.

La loi du 18 juillet 1927 et le décret du 18 novembre 1927 prescrivent la coloration en rouge des graines de luzerne impor-

---

(1) TRABUT. — La luzerne (*Médigo sativa*). Bulletin 33 du Gouvernement général de l'Algérie p. 3.

tées, au moyen de la rhodamine et dans une proportion d'au moins 5 o/o. Mais il est à craindre que cette année, en raison de la situation particulière du marché, des tentatives ne se produisent en vue de tourner cette réglementation. On dit que des luzernes étrangères ont été décolorées. Les agriculteurs doivent donc se méfier et ne faire leurs achats de graines de luzerne qu'à des maisons connues par leur probité commerciale et en leur demandant de garantir l'origine de ces semences.

D. Vidal.

LE DIAGNOSTIC FOLIAIRE
DE LA
POMME DE TERRE

DEUXIÈME MÉMOIRE

PAR

Henri LAGATU et **Louis MAUME**
Professeur honoraire Professeur titulaire
de chimie à l'Ecole nationale d'agriculture de Montpellier
Directeurs de la Station de recherches chimiques

avec la collaboration de

M[lles] Lucienne CROS, Lucie DELOCHE, Marcelle FABREGUETTES
Chimistes à la Station

CHAPITRE PREMIER

Introduction

Nous avons, dans un premier Mémoire (*Annales de la Science agronomique*, septembre-octobre 1930 ; *Annales de l'Ecole Nationale d'Agriculture de Montpellier*, tome XX, fasc. IV), défini la méthode du diagnostic foliaire et soumis à la discussion les résultats d'un champ d'expérience de pommes de terre établi en 1928 dans l'enclos de la Station de recherches chimiques de l'Ecole Nationale d'Agriculture de Montpellier.

Le présent Mémoire, qui est le deuxième, concerne un champ d'expérience de pommes de terre établi en 1929 au nord de Saint-Pons (Hérault) sur le Plateau de l'Espinouze (Cévennes). Le propriétaire du domaine de Malbosc, M. Ludovic Gaujal, correspondant de l'Académie d'agriculture et président du Comice agricole de Béziers, a bien voulu, aidé de son fils, M. Jacques

Gaujal, ingénieur agricole, et de M. Bertrand, secrétaire général du Comice agricole, non seulement accueillir notre projet, mais en assurer le succès par une contribution généreuse aux frais de cette coûteuse expérience.

Comme tous les travaux d'observation et d'expérience, nos mémoires comportent l'exposé des faits observés et l'interprétation de ces faits. Il n'est pas inutile de faire remarquer que trois directions différentes s'offrent à l'interprétation des faits relevés par nos observations et nos expériences :

1° Nous ne devons pas oublier que tout problème abordé par la méthode encore nouvelle du diagnostic foliaire comporte la nécessité d'examiner le bien fondé de cette méthode ; c'est notre tâche primordiale, la plus urgente ;

2° Nous rencontrons des faits de physiologie végétale inconnus ou méconnus ; il est chaque fois opportun de les mettre en regard des notions classiques, sans d'ailleurs nous astreindre à poursuivre l'étude de chacune de ces contradictions ;

3° Nous assignons enfin à nos efforts, comme but principal et dernier, l'application des faits que nous avons observés, à la pratique agricole ; d'où nécessité d'examiner les conséquences pratiques de nos observations.

Ces trois tendances sont nécessairement réunies dans chacun de nos mémoires ; mais elles y sont inégalement développées.

Notre premier Mémoire a fait une place prépondérante à la discussion de notre méthode expérimentale et de son bien fondé. Les mémoires suivants ne peuvent abandonner cette préoccupation, car il importe encore de voir dans quelle mesure chaque résultat témoigne de la fidélité de la méthode et s'il s'inscrit ou non comme nouvelle preuve de sa sécurité. Ce souci durera jusqu'à ce que, par l'effet d'une fortune persistante, les preuves multipliées mettent hors de question le principe de la méthode, comme est, en chimie, hors de discussion le principe d'une méthode de dosage suffisamment éprouvée, avec cette différence cependant que les données sont bien moins définies avec nos plantes en plein champ qu'avec les matières sur lesquelles on fait les prises d'essai de laboratoire.

Notre deuxième Mémoire mettra plus particulièrement en évidence des faits physiologiques, fort importants à nos yeux pour la conception même de l'alimentation minérale des

plantes, faits dont l'agronomie paraît avoir trop négligé l'enseignement. Il s'agira surtout ici des modes différents de nutrition d'une même espèce végétale dans deux sols différents.

Un troisième Mémoire, dont nous avons déjà les éléments, s'occupera surtout de la variation des modes de nutrition de la plante dans un même sol au cours d'années différentes.

Voici la substance du présent travail :

1° Nos lecteurs retrouveront dans ce deuxième Mémoire exactement le même type de champ d'essai analytique dont il s'est agi dans notre premier Mémoire, mais avec de nouvelles conditions de milieu : sol léger et acide, au lieu du sol argilo-silico-calcaire de Montpellier ; climat du Centre-Sud, au lieu du climat méditerranéen ; la variété de pomme de terre est la Royal Kidney, au lieu de l'Early rose.

2° Comme à Montpellier, on a adjoint au champ analytique deux types A et B de fumures complètes autrement équilibrées que la fumure complète C du champ d'expériences analytique.

3° En surplus, on a établi deux couples de parcelles dans lesquelles le superphosphate a été remplacé par le basiphosphate, à deux doses différentes.

4° Enfin toute la série des parcelles précédemment énumérées a été reproduite sur la terre préalablement chaulée à raison de 2.000 kg. de chaux à l'hectare.

Chacun des quatre essais que nous venons d'énumérer fera l'objet d'un chapitre spécial.

CHAPITRE II

Champ d'expériences du type analytique

Constitution du champ d'expérience. — Comme dans les essais faits en 1928 dans l'enclos de la Station de Montpellier, les parcelles sont au nombre de huit. Une seconde série, numérotée de 11 à 18, double chaque essai de la première série. Les fumures ont été les mêmes. Pour désigner notre fumure complète type C, nous employons ici la notation KNP (à cause

de l'intervention ultérieure de la fumure KNPCa) ; les fumures carencées ont des notations qui s'en déduisent. Le tout forme la série suivante :

Parcelles	1 et 11	O	Aucun engrais	
—	2 et 12	KNP	Fumure complète C	
—	3 et 13	KP	Fumure C moins l'azote	
—	4 et 14	KN	— —	l'acide phosph.
—	5 et 15	NP	— —	la potasse
—	6 et 16	K	seulement	
—	7 et 17	P	—	
—	8 et 18	N	—	

La fumure complète C comprenait :

K^2O	200 kg. à l'hectare	en chlorure de potassium.
N	134 kg. —	en sulfate d'amoniaque.
P^2O^5	67 kg. —	en superphosphate.

Cette fumure complète C donne les rapports $K^2O/N/P^2O$ égaux à 3/2/1.

Les parcelles rectangulaires sont disposées de la manière suivante :

1	2	3	4	5	6	7	8
15	16	17	18	11	12	13	14

Le coteau commence un peu au-dessus de la première série.

Les engrais ont été épandus en mars ; la plantation a été faite en avril avec des tubercules de la variété Royal Kidney, qu'il a fallu choisir pour éliminer ceux que le froid avait détériorés au cours du transport.

La préparation du terrain a consisté dans un labour d'hiver à la charrue, suivi de scarifiage et hersage avant la délimitation des parcelles.

Indications fournies par les rendements. — La récolte des tubercules a été effectuée le 11 octobre 1929, en prélevant dans chaque parcelle 10 pieds présentant le développement aérien moyen de la parcelle; en éliminant par conséquent les pieds manifestement aberrants par suite de l'hétérogénéité des semences atteintes par le froid. Nous avons ainsi pu calculer le poids des tubercules frais par pied.

Cette mesure des rendements conduit aux résultats suivants :

TABLEAU I

	Parcelles	Poids des tubercules frais par pied	Parcelles	Poids des tubercules frais par pied	Moyenne des deux parcelles
Témoin	1	1 kg. 675	11	1 kg. 450	1 kg. 562
KNP ou C	2	1 kg. 850	12	1 kg. 625	1 kg. 737
KP	3	1 kg. 685	13	1 kg. 713	1 kg. 699
KN	4	1 kg. 820	14	1 kg. 875	1 kg. 847
NP	5	1 kg. 855	15	1 kg. 790	1 kg. 822
K	6	1 kg. 480	16	1 kg. 813	1 kg. 646
P	7	1 kg. 450	17	1 kg. 525	1 kg. 487
N	8	2 kg. 120	18	1 kg. 930	1 kg. 020

Apprécions d'abord l'importance de la récolte. Chacune de nos parcelles de 5 m. × 10 m., soit 50 m², est occupée par 150 plants, ce qui donne par hectare $\frac{150 \times 10.000}{50} = 30.000$ plants.

La parcelle la moins fertile, témoin n° 11, correspond à une récolte de 1 kg. 450 × 30.000 = 43.500 kilogrammes de tubercules frais à l'hectare. La parcelle la plus fertile, N seulement, n° 8, correspond à une récolte de 2 kg. 120 × 30.000 = 63.600 kilogrammes. Ainsi le témoin le moins favorisé a donné une forte belle récolte ; et, parmi les parcelles fumées du champ analytique, la plus favorisée a donné une récolte extrêmement abondante.

Le terrain sur lequel nous avons, à Malbosc, établi notre champ d'essais était donc, avant tout apport d'engrais, à un niveau élevé pour l'alimentation de la pomme de terre. Cependant le rendement de cette plante peut y être sensiblement augmenté par un engrais chimique approprié.

La première de ces conditions — fertilité naturelle ou acquise du milieu donné, pour la pomme de terre, indépendamment de toute fumure — constitue une contingence importante de nos essais et de notre dessein d'y adjoindre le diagnostic foliaire : l'histoire qui va s'écrire étant celle d'une culture en milieu naturellement riche, les différences que nous aurons à examiner, soit entre les divers développements, soit entre les divers diagnostics foliaires qui leur sont corrélatifs, se situent dans une zone de valeurs agronomiques toutes satisfaisantes.

Afférente à ce niveau élevé, la recherche du mieux alimentaire d'une plante ne laisse cependant pas d'intéresser à la fois l'agriculteur et l'agronome. On sait, en effet, que les

progrès de la chimie agricole sont accueillis surtout par l'agriculture déjà prospère, en quête d'un rendement supérieur à un rendement déjà notable. On comprend aussi que l'agronome doive tôt ou tard explorer par ses recherches les zones limites de la haute production, ne serait-ce que pour connaître le mode d'alimentation lié aux plus hauts rendements. Autant vaut pour nous que ce soit dès maintenant. Mais, pour notre actuelle interprétation, il importe de retenir qu'il s'agit uniquement de différences physiologiques passant du bien au mieux et par suite n'offrant pas les décalages plus significatifs de celles qui passent du mal au bien.

Le Tableau I montre que, dans notre milieu cultural, les couples de parcelles homologues ne donne jamais deux chiffres identiques. Pour une culture en plein champ on doit prévoir ces discordances et il n'y a aucunement lieu de s'en étonner. Calculons la différence absolue et la différence rapportée, dans chaque couple, au rendement de celle des deux parcelles qui a donné la meilleure récolte, cotée 100.

TABLEAU II

Rendement	1	moins	rendement	11	+ 0 kg. 225	= 13,4	°/°
—	2	—	—	12	+ 0 kg. 225	= 12,2	»
—	3	—	—	13	— 0 kg. 028	= 1,6	»
—	4	—	—	14	— 0 kg. 055	= 2,9	»
—	5	—	—	15	+ 0 kg. 065	= 3,5	»
—	6	—	—	16	— 0 kg. 333	= 18,4	»
—	7	—	—	17	— 0 kg. 075	= 4,9	»

Le calcul qui ramène ainsi des différence absolues à des différences pour 100 donne un résultat qui efface de l'esprit du lecteur la grandeur réelle du rendement ; il n'est pas justifié lorsque les productions sont trop faibles, parce qu'il admet implicitement qu'on accorde aux rendements observés une valeur économique d'ordre acceptable en pratique agricole. Dans l'étude de notre champ d'essais de la Station de Montpellier, où les rendements étaient très faibles, un tel calcul n'avait pas sa place ; il eût dissimulé un sophisme dangereux d'effet grossissant. Ce n'est plus le cas pour les rendements élevés de Malbosc.

Le tableau II nous montre d'abord que les différences absolues entre parcelles homologues des deux séries sont, en égal nombre, positives et négatives ; ce qui veut dire que l'une des deux séries n'est pas affectée d'une différence systématique par rap-

port à l'autre. La répartition des résultats en deux séries pourrait donc, si l'on voulait, être abandonnée. C'est d'ailleurs l'impression que donne le sol et que donnait l'aspect général du champ d'expériences.

Ce tableau II nous montre aussi que la différence pour cent entre le rendement le plus élevé et le rendement le moins élevé de deux parcelles homologues est : très faible (1 à 5 o/o) pour quatre couples ; acceptable (9 o/o) pour la dernière couple ; un peu plus élevée (12 à 13 o/o) pour deux couples ; plus forte (18 o/o) pour une couple. Cette échelle laisse l'impression que les choses ne se sont pas passées, dans notre champ d'expériences, d'une manière trop hétérogène, surtout quand on songe qu'il s'agit d'une plante à développement capricieux comme la pomme de terre. Quant à la forte discordance (18 o/o) observée entre les deux parcelles K, numéros 6 et 16, elle n'est sans doute pas sans relation avec les phénomènes singuliers qui accompagnent l'absorption de la potasse et dont nous parlerons plus loin.

Sans abandonner la réserve qu'imposent les plus fortes discordances, nous pouvons utiliser les moyennes pour classer les rendements de chaque type de fumure dans l'ordre décroissant.

Tableau III

Rendements	Numéros des parcelles	Fumures	Rendements comparés à celui de la couple 8-18 coté 100	Classement
2 kg. 020	8-18	N	100	»
1 » 910	12′	KNPCa	94,5	1
1 » 900	16′	KCa	94,0	2
1 » 880	17′	PCa	93,1	3
1 » 820	15′	NPCa	90,1	4
1 » 810	18′	NCa	89,6	5
1 » 690	14′	KNCa	83,6	6
1 » 675	13′	KPCa	82,9	7

De la meilleure couple à la couple la moins bonne de parcelles homologues, la chute du rendement est de 100 — 73,6 = 26,4 o/o. Elle est donc faible. Elle est cependant nettement supérieure à la différence la plus grande (18 o/o) observée entre les rendements des deux parcelles homologues K, numéros 6 et 16 ; elle est très grande relativement aux discordances observées pour les autres couples de parcelles homologues. Les diffé-

rences de rendement entre parcelles différemment fumées se présentent donc avec une base expérimentale satisfaisante, bien que tous les rendements soient d'ordre élevé.

Si on lit le tableau III de bas en haut, on constate que les quatre alimentations les moins efficaces sont celles qui n'ont pas reçu d'azote. Immédiatement au-dessus d'elles se classe la fumure complète ; mais, au-dessus de la fumure complète, se classent les deux fumures où, conservant l'azote, on a supprimé de la fumure complète soit la potasse, soit l'acide phosphorique. Et enfin, quand on a supprimé à la fois la potasse et l'acide phosphorique, c'est-à-dire quand on n'a donné à la plante que l'engrais azoté, on a obtenu le meilleur rendement.

Qu'on ne nous fasse pas dire que nous voyons là une règle générale pour la fumure rationnelle de la pomme de terre. Mais qu'on ne se croie pas davantage en droit de contester, sous le couvert d'une information prétendue générale, le fait cultural que nous avons observé à Malbosc et qui va prendre, pour juger ici du bien fondé de la méthode du diagnostic foliaire, une importance fondamentale, à savoir que : Dans ce milieu et dans cette année 1929, avec les formes et les quantités d'engrais employées, la fumure standard de notre champ analytique a été, pour la pomme de terre Royal Kidney, la fumure exclusivement azotée. Et cette conclusion expérimentale demeure à l'abri de toute objection sur la légitimité logique des moyennes, puisque les parcelles à engrais exclusivement azoté ont, toutes deux, un rendement supérieur à celui de toutes les autres.

Qu'on veuille bien considérer aussi que le problème abordé ici n'est pas de trouver la meilleure manière de fumer une culture de pommes de terre, mais de savoir si, quand on a alimenté la pomme de terre avec des engrais divers et quand on a ainsi obtenu des rendements divers, le diagnostic foliaire est en mesure de signaler les différences alimentaires corrélatives à ces diverses fumures et à ces divers rendements.

La figure 1 (1) indique graphiquement les rendements, c'est-à-dire les poids des tubercules frais par pied au moment de la récolte le 11 octobre. Pour permettre le resserrement des graphiques dans une seule page, on n'a pas placé les rendements sur leur abscisse temps : ils sont représentés par deux traits,

(1) Voir page 66.

qu'on voit disposés entre les ordonnées de 1 kg. et de 2 kg. Pour ne pas effacer par l'artifice des moyennes l'état individuel de chacune des deux parcelles recevant même fumure, nous ne nous servons de ces moyennes que pour ordonner les couples de parcelles homologues ; et, d'une manière générale, tous les diagrammes de chacune des deux parcelles sont dessinés séparément.

Indications fournies par l'observation du développement

Les résultats de nos pesées sont contenus dans le tableau suivant.

TABLEAU IV

Malbosc 1929. Matière fraîche par pied.

		29 juin	22 juillet	10 août	14 sept.	11 oct.
		gr.	gr.	gr.	gr.	gr.
1	Partie aér.	230	450	470	230	»
	Tubercules	25	185	400	390	1.675
11	Partie aér.	180	565	455	355	»
	Tubercules	20	195	340	600	1.450
2	Partie aér.	240	431	590	340	»
	Tubercules	35	182	445	600	1.850
12	Partie aér.	446	515	660	550	»
	Tubercules	30	165	398	700	1.625
3	Partie aér.	225	445	548	220	»
	Tubercules	8	170	315	560	1.685
13	Partie aér.	264	550	440	300	»
	Tubercules	15	201	409	505	1.713
4	Partie aér.	240	525	645	344	»
	Tubercules	35	175	435	640	1.820
14	Partie aér.	324	556	750	390	»
	Tubercules	12	147	450	740	1.875
5	Partie aér.	250	440	690	460	»
	Tubercules	8	140	410	520	1.855
15	Partie aér.	305	540	590	430	»
	Tubercules	10	134	360	565	1.790
6	Partie aér.	250	598	585	390	»
	Tubercules	6	156	395	490	1.480
16	Partie aér. .	215	510	604	435	»
	Tubercules	40	146	376	660	1.813
7	Partie aér.	205	407	486	350	»
	Tubercules ...	2	125	355	460	1.450
17	Partie aér. ...	190	475	506	365	»
	Tubercules ..	6	160	325	445	1.525
8	Partie aér.	285	592	770	590	»
	Tubercules	15	161	385	860	2.120
18	Partie aér.	380	608	840	616	»
	Tubercules	6	184	408	905	1.930

La figure 1 (1) permet une lecture synoptique de ces résultats. Toutefois, pour obtenir un graphique plus condensé, le résultat de la pesée des tubercules a été seul pointé pour l'échantillonnage du 14 septembre et non à son abscisse temps : c'est à ce résultat que correspondent les deux traits qui suivent immédiatement les diagrammes du développement.

Les développements corroborent la subdivision, indiquée par les rendements, en quatre couples de parcelles moins fertiles et quatre couples plus fertiles. Par les développements aériens, le couple K serait un peu meilleur que le couple KP, alors que la moyenne des rendements dit le contraire. Toutefois aucune des parcelles ne change de camp et les différences en question sont sans portée.

La conclusion importante est que les quatre couples de parcelles n'ayant pas reçu d'azote ont eu, pendant tout le cours de la végétation, un développement aérien inférieur à celui des quatre couples de parcelles ayant reçu de l'azote. Le classement d'après les tiges et les feuilles est donc le même que le classement d'après les tubercules. Comme par son rendement, la supériorité particulière de la parcelle exclusivement azotée se manifeste nettement aussi, dans chaque série, par son développement aérien.

Renseignements fournis par le diagnostic foliaire. — Examinons maintenant les résultats de l'analyse périodique de l'ensemble des deux premières feuilles inférieures des rameaux directement issus du tubercule-mère ; en d'autres termes, procédons à l'examen du diagnostic foliaire.

Le tableau V donne les doses de principes nutritifs CaO, K^2O, N, P^2O^5, pour 100 de la matière sèche des feuilles choisies.

On connaît, par notre premier Mémoire, l'attitude logique que nous adoptons devant un tel tableau d'analyses foliaires : 1° Nous reconnaissons aux diagnostics foliaires certains caractères provisoirement considérés comme essentiels, que nous allons, dans le paragraphe suivant, énumérer à nouveau ; 2° Grâce aux développements et aux rendements relevés sur le champ d'expériences analytique, nous cherchons une liaison entre les différences de rendements et les différences de diagnostics foliaires. Nous considérons cette liaison comme probable et c'est là notre hypothèse de travail. Il n'y a pas, à la base du diagnostic foliaire, d'autre

(1) Voir page 68.

hypothèse. Au point où nous en sommes de l'exposé commencé avec le premier Mémoire sur le diagnostic de la pomme de terre, il n'y donc encore aucune doctrine d'interprétation des diagnostics foliaires, pour la bonne raison qu'une telle doctrine, si elle est réalisable comme nous le croyons, est, non pas le point de départ, mais le but de nos recherches. Après quoi, si ce but est atteint, nous pourrons aborder le problème agronomique consistant à découvrir l'alimentation rationnelle d'une espèce végétale donnée dans un milieu donné.

Tableau V

			29 juin	22 juillet	10 août
Témoins	1	Chaux	4,31	4,69	4,92
		Potasse	7,47	6,02	4,89
		Azote	3,05	3,12	2,78
		Ac. phos.	0,46	0,32	0,24
	11	Chaux	4,41	4,89	4,99
		Potasse	7,43	5,61	4,56
		Azote	3,16	2,96	2,62
		Ac. phos.	0,44	0,28	0,21
KNP	2	Chaux	4,08	4,78	4,97
		Potasse	8,14	6,41	5,53
		Azote	3,21	3,23	3,31
		Ac. phos.	0,45	0,34	0,24
	12	Chaux	4,21	4,58	5,25
		Potasse	8,39	6,57	5,26
		Azote	3,28	3,84	3,20
		Ac. phos.	0,44	0,31	0,23
KP	3	Chaux	3,36	5,20	5,17
		Potasse	7,68	6,07	4,72
		Azote	3,08	2,89	2,64
		Ac. phos.	0,48	0,43	0,29
	13	Chaux	3,66	4,97	4,94
		Potasse	8,10	6,09	4,68
		Azote	2,76	3,09	2,68
		Ac. phos.	0,46	0,45	0,29
KN	4	Chaux	4,96	4,93	4,99
		Potasse	7,76	6,35	5,25
		Azote	3,19	3,58	3,26
		Ac. phos.	0,37	0,33	0,25
	14	Chaux	4,13	5,11	5,17
		Potasse	7,92	6,45	5,35
		Azote	3,48	3,44	3,19
		Ac. phos.	0,44	0,35	0,27
NP	5	Chaux	4,58	5,26	5,23
		Potasse	6,70	5,12	4,04
		Azote	3,37	3,69	3,39
		Ac. phos.	0,44	0,40	0,28
	15	Chaux	4,10	5,60	5,45
		Potasse	6,62	5,34	4,14
		Azote	3,49	3,58	3,45
		Ac. phos.	0,43	0,39	0,30

			29 juin	22 juillet	10 août
K	6	Chaux	3,93	4,28	4,70
		Potasse	7,77	6,18	5,88
		Azote	2,96	3,13	2,73
		Ac. phos.	0,41	0,41	0,31
	16	Chaux	3,90	4,97	4,87
		Potasse	7,85	6,54	6,05
		Azote	3,07	3,01	2,70
		Ac. phos.	0,44	0,40	0,27
P	7	Chaux	3,73	4,92	5,14
		Potasse	6,84	5,33	4,72
		Azote	3,03	2,72	2,65
		Ac. phos.	0,55	0,50	0,37
	17	Chaux	4,00	5,26	5,20
		Potasse	6,75	5,48	4,88
		Azote	3,11	2,69	2,71
		Ac. phos.	0,57	0,48	0,38
N	8	Chaux	4,49	5,60	5,75
		Potasse	6,80	5,70	4,49
		Azote	3,70	3,64	3,85
		Ac. phos.	0,43	0,39	0,28
	18	Chaux	4,90	5,68	5,60
		Potasse	6,77	5,62	4,65
		Azote	3,74	3,79	3,41
		Ac. phos.	0,40	0,33	0,30

Dans les limites de notre investigation actuelle, les caractères essentiels d'un diagnostic foliaire sont les suivants :

1° Les teneurs, pour cent de la matière sèche de la feuille, en acide phosphorique, azote, potasse et chaux ;

2° Les chutes ou les ascensions de ces teneurs en fonction de l'âge de la feuille ;

3° Les rapports physiologiques, c'est-à-dire les rapports mutuels des quantités de deux principes fertilisants quelconques à chaque époque d'échantillonnage ;

4° Les alimentations globales $P^2O^5 + N + K^2O$, c'est-à-dire la somme de ces trois teneurs pour cent de matière sèche à chaque époque d'échantillonnage.

Tous ces caractères peuvent être exprimés par des nombres. Mais on peut les apprécier, sans en calculer la valeur numérique, par l'examen de graphiques appropriés. C'est pourquoi notre discussion, utilisant les graphiques de la figure n° 1, pourra être allégée de cet appareil numérique, auquel on peut toujours recourir à partir de nos tableaux de résultats analytiques.

C'est aussi par l'examen des graphiques que l'on peut apprécier, avant toute autre discussion, le degré de concordance des

diagnostics foliaires des parcelles homologues, c'est-à-dire traitées exactement de la même façon. Pour rendre cette confrontation plus nette, nous avons pointé, sur les mêmes abscisses-temps, les deux ordonnées représentant les teneurs des deux parcelles en acide phosphorique, azote, potasse et chaux. Or un regard d'ensemble permet de dire que ces concordances sont assez satisfaisantes, eu égard aux différences que présentent les couples de parcelles correspondant à des fumures différentes. Nous retrouvons donc le fait fondamental déjà observé dans notre premier Mémoire, à savoir que l'ensemble des contingences qui nous font considérer deux parcelles comme pareillement alimentaires et qui se traduisent par des développements et des rendements pareils, se traduisent aussi, en général et avec une approximation suffisante, par des diagnostics foliaires pareils ; que, inversement, l'ensemble des contingences qui nous font considérer deux parcelles comme différemment alimentaires et qui se traduisent par des développements différents, se traduisent aussi par des diagnostics foliaires différents Ces deux propositions, qui sont les pierres augulaires de la méthode du diagnostic foliaire, sont ici pleinement vérifiées. Nos lecteurs voient d'ailleurs sur les graphiques dans quelle mesure la concordance est atteinte dans chaque cas : il suffit, pour la suite de nos raisonnements, qu'aucune discordance ne soit de nature telle qu'on ne puisse l'attribuer aux hétérogénéités probables d'un milieu et d'un végétal grossièrement homogènes.

Nous pouvons donc aborder légitimement l'interprétation des diagnostics foliaires et faire l'examen successif des caractères précédemment énumérés.

Mais ici surgit une difficulté de rédaction. Si, dans les limites du sujet imparti à chaque chapitre, nous voulions épuiser cette analyse, nous serions amenés à reprendre ces caractères quand il s'agira de comparer les résultats obtenus dans les divers cadres expérimentaux (champ analytique comparé au champ chaulé, champ Malbosc comparé au champ Montpellier, etc.) ; d'où d'inutiles redites.

Nous nous bornerons donc, pour le moment, à relever les corrélations entre la fumure et le diagnostic foliaire : c'est d'ailleurs là le rôle essentiel de notre champ analytique.

Acide phosphorique. — Les différences provoquées dans le diagnostic foliaire par l'absence ou la présence d'engrais phosphaté (ici superphosphate) sont faibles au point de vue absolu, mais notables au point de vue relatif. Les parcelles n'ayant pas reçu d'acide phosphorique ont, dans la jeune feuille du premier échantillonnage, une teneur en P^2O^5 pour cent de matière sèche qui reste très voisine de 0,4 ; cette teneur s'élève pour les parcelles KP ; elle atteint presque 0,6 pour les parcelles P. Comparées aux différences que présentent l'azote, la potasse et la chaux, ces variations sont faibles. Mais, au point de vue relatif, un accroissement qui va de 0,4 à 0,6 est une variation de 50 pour cent. Nous sommes loin d'un tel accroissement relatif de l'azote par les engrais azotés, ou de la potasse par des engrais potassiques, bien que l'examen des graphiques, portant sur les différences absolues, donne dans ces derniers cas des apparences beaucoup plus visibles. Si, par un calcul, nous transformions nos résultats analytiques en ramenant les teneurs des principes fertilisants au maximum de chacun d'eux, coté 100, les variations de l'acide phosphorique apparaîtraient comme particulièrement fortes. Mais c'est une question de savoir si les variations relatives des divers principes nutritifs ont une importance physiologique égale et nous allons voir que notre expérience ne concorde pas avec cette hypothèse. D'autre part, ce serait certainement une faute de s'en tenir aux graphiques conçus comme nous venons de le dire, car, supprimant la sensation des rapports physiologiques entre les divers constituants minéraux d'une même feuille, ils mettent sous le boisseau une notion dont l'importance physiologique est, à notre avis, dominante. Il n'en demeure pas moins que, comme nous venons de le montrer, les petites différences absolues des teneurs en acide phosphorique sont considérables au point de vue relatif.

Il est donc instructif de constater qu'un accroissement relatif de 50 o/o en acide phosphorique dans la matière sèche de la feuille ne correspond pas du tout à un accroissement du développement ou de la récolte de la pomme de terre, puisque les deux parcelles P, qui n'ont reçu que l'engrais phosphaté et dont les feuilles sont de 50 o/o plus riches en P^2O^5 que les feuilles du témoin, se classent pour le rendement au-dessous du témoin.

Pour interpréter ce fait, maints agronomes penseront qu'il s'agit ici de superphosphate ajouté à une terre acide.

Mais il y a une autre considération : cette addition de superphosphate, en même temps qu'elle élève la teneur de la feuille en P^2O^5, fait baisser sa teneur en azote ; or nous allons voir que l'enrichissement de la feuille en azote est, dans notre expérience, le facteur essentiel de l'augmentation du rendement. Cet effet de frein exercé par l'acide phosphorique sur l'absorption de l'azote est ici nuisible et dès lors il n'y a plus contradiction entre l'élévation de la teneur de la feuille en acide phosphorique et l'abaissement du rendement. Ce rôle de l'acide phosphorique freinant l'absorption de l'azote se retrouvera quand nous étudierons la vigne, mais avec un résultat avantageux, car l'excès relatif d'azote diminuait le rendement de la vigne considérée.

De toutes manières, le fait relevé ici, quant à l'action de l'acide phosphorique sur la pomme de terre, sollicite la méditation de l'agronome. Voilà un principe fertilisant dont on accroît la quantité non seulement soluble, non seulement préjugée assimilable, mais réellement assimilée et qui cependant, loin d'accroître le rendement, le diminue parce que son intervention, influençant l'absorption d'un autre aliment, détermine dans le végétal un équilibre alimentaire moins favorable que celui que détermine le sol sans engrais. Tant il est vrai que les conclusions des agronomes sont vaines quand elles veulent anticiper sur la réponse de la plante elle-même !

L'ensemble des parcelles du champ d'expériences analytique 1929 à Malbosc conduit, en ce qui concerne l'acide phosphorique, aux conclusions suivantes :

1° La présence de l'acide phosphorique dans la fumure n'a pas eu, comme conséquence, une augmentation du développement ou du rendement.

2° Le diagnostic foliaire donne, pour l'acide phosphorique, dans toutes les parcelles, un diagramme remarquablement constant. Seules les parcelles P à fumure exclusivement phosphatée présentent une teneur un peu plus élevée en P^2O^5 ; mais cette élévation de P^2O^5 est accompagnée d'un abaissement de la teneur en azote et ce phénomène complexe fait descendre ces parcelles au bas de l'échelle des rendements du champ.

3° Un haut rendement de la pomme de terre à Malbosc en 1929 n'a été incompatible ni avec l'absence de fumure phosphatée, ni avec une variation, suivant l'âge de la feuille, entre les

faibles doses 0,4 et 0,3 d'acide phosphorique pour cent de la matière sèche de la feuille.

En définitive, l'inefficacité de l'engrais phosphaté sur le développement et le rendement trouve sa corrélation dans l'indifférence du diagnostic foliaire à l'apport d'acide phosphorique.

Azote. — La teneur de la feuille en azote est, dans les quatre parcelles à meilleur rendement, nettement supérieure à la teneur en azote des quatre parcelles à moindre rendement. De plus, le minimum de rendement correspond au diagramme d'azote le plus bas et le maximum de rendement au diagramme d'azote le plus haut. Enfin les différences de rendement allant de 1 kg. 5 à 2 kg. de tubercules frais sont corrélatives de différences de teneur en azote dans la feuille qui, pour le premier échantillonnage du 22 juin, passent de 2,7 à 3,7 : pour le rendement la variation est de 1 à 1,31 ; pour la teneur en azote de la feuille, elle est de 1 à 1,37, c'est-à-dire de même ordre.

Quand il s'agit de l'azote, ici facteur cultural efficace, la corrélation est donc très bonne entre la culture et le diagnostic foliaire.

Potasse. — Les faits observés relativement à la potasse sont d'une interprétation plus délicate. Dans Malbosc en 1929 :

1° Il y a une corrélation très nette entre la présence de la potasse dans la fumure et l'augmentation de potasse dans la feuille.

2° Cependant il n'y a pas de relation entre les variations pourtant grandes de la potasse des feuilles et les variations de rendement.

3° Il n'y a d'ailleurs pas davantage de relation entre la présence de la potasse dans la fumure et le rendement de la pomme de terre.

Tout paraît donc, pour les variations de la potasse, soit dans la fumure, soit dans la composition de la feuille, se passer dans la zone du superflu.

On ne saurait d'ailleurs songer à une carence initiale de la potasse dans un milieu qui, sans aucune addition d'engrais, donne à la fois une forte récolte et une haute teneur des feuilles en potasse.

Il se trouve donc, en fait, que l'augmentation de potasse par l'engrais, si volontiers acceptée par la plante, ne correspond pas

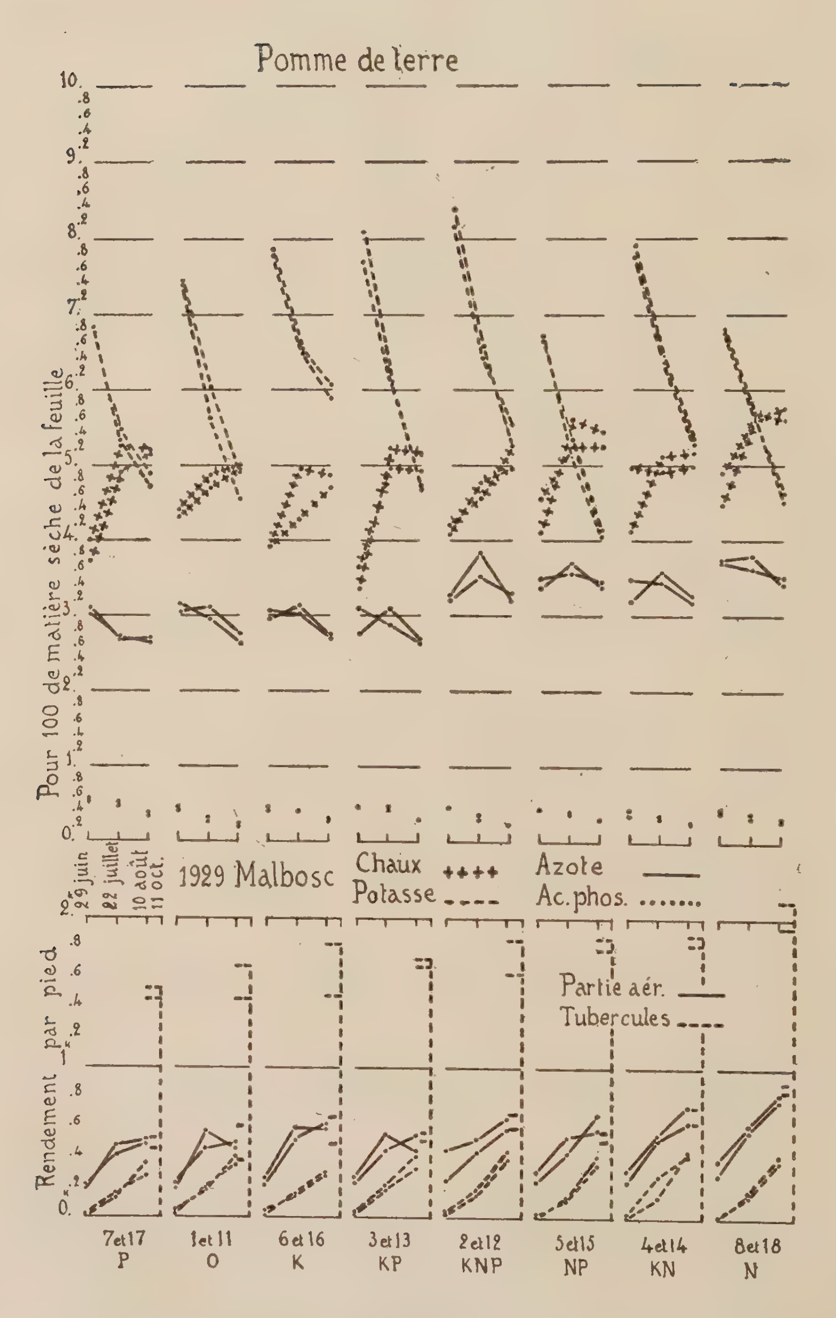

Pomme de terre
Pour 100 de matière sèche de la feuille
29 juin
22 juillet
10 août
11 oct.
1929 Malbosc
Chaux ++++
Potasse ----
Azote ——
Ac. phos. ....
Rendement par pied
Partie aér. ——
Tubercules ----
7 et 17 P
1 et 11 O
6 et 16 K
3 et 13 KP
2 et 12 KNP
5 et 15 NP
4 et 14 KN
8 et 18 N

FIG. 1

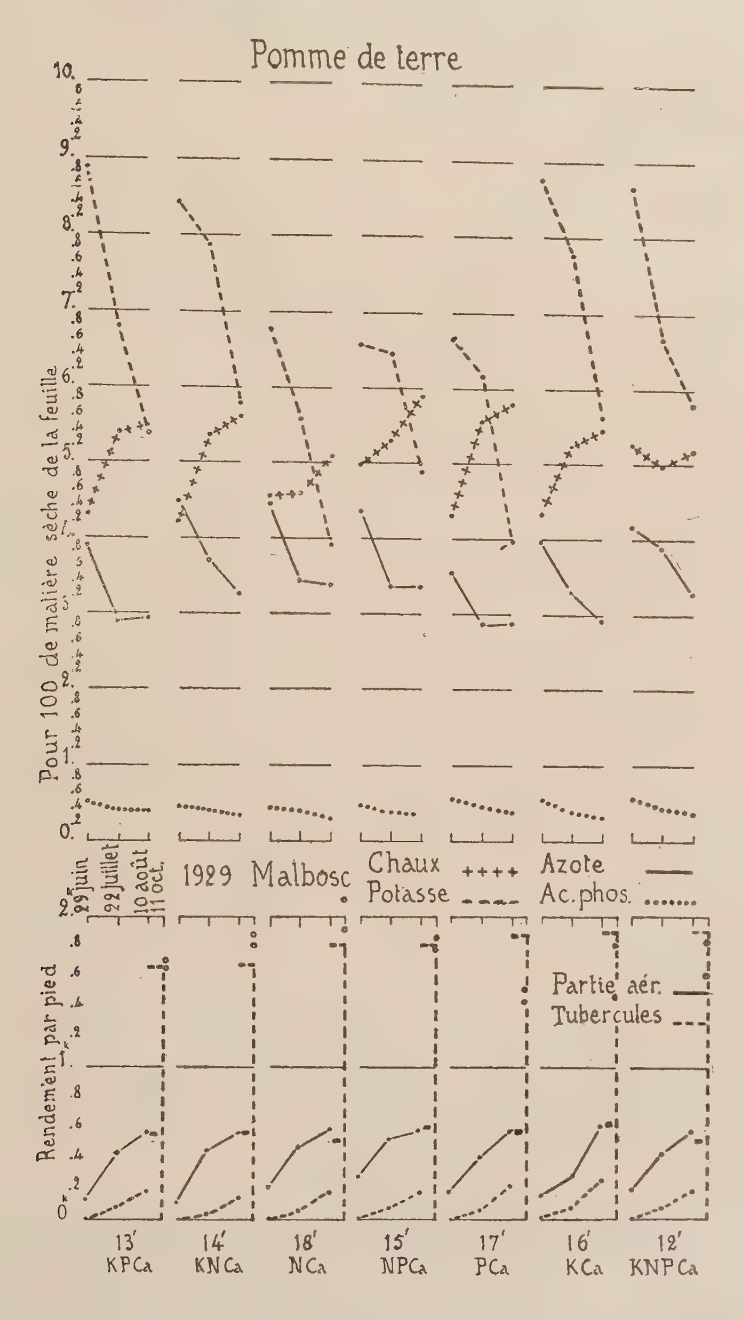

Pomme de terre
Pour 100 de matière sèche de la feuille
Rendement par pied
29 juin
22 juillet
10 août
11 oct.
1929 Malbosc
Chaux ++++
Potasse ----
Azote —
Ac. phos. ......
Partie aér.
Tubercules
13' KPCa
14' KNCa
18' NCa
15' NPCa
17' PCa
16' KCa
12' KNPCa

Fig. 2

à un équilibre alimentaire plus actif sur le développement et le rendement, tandis que c'est le cas pour l'azote.

Nous ne nous dissimulons pas la nouveauté de cette observation, ni qu'elle soit gravement contradictoire avec des traditions agronomiques classiques sur l'alimentation minérale de la pomme de terre ; mais nous sommes en présence d'un fait indéniable en tant que fait : il ne nous reste qu'à le comprendre. Nous serons beaucoup mieux armés pour en trouver une interprétation quand il s'agira, dans le chapitre VI, de comparer la culture de Montpellier à celle de Malbosc. Aussi renvoyons-nous, pour cette discussion, nos lecteurs au chapitre VI.

Chaux. — Retenons ce fait capital : à Malbosc, terre non calcaire, la chaux est, chez les jeunes feuilles, en quantité bien inférieure à celle de la potasse.

Le rôle de la chaux ne peut être élucidé qu'avec des comparaisons qui n'entrent pas en jeu dans le présent chapitre et qui confronteront les résultats ici enregistrés : 1° avec la série des parcelles chaulées de Malbosc ; 2° avec la culture en terre très calcaire de Montpellier. Nous devons donc surseoir à l'exposé de notre interprétation des résultats analytiques concernant la chaux.

Conclusion du chapitre II. — Si maintenant nous voulons faire le bilan du présent chapitre en ce qui concerne l'objet principal de nos recherches, à savoir la corrélation des faits culturaux et du diagnostic foliaire, nous pouvons dire que, dans le champ d'expériences analytique de Malbosc de 1929, il y a eu :

1° Corrélation satisfaisante entre les faits culturaux et le diagnostic foliaire pour ce qui concerne l'acide phosphorique engrais inefficace ;

2° Corrélation satisfaisante aussi pour ce qui concerne l'azote, engrais efficace ;

3° Pour la potasse et la chaux un problème posé qui sera étudié au chapitre VI du présent Mémoire.

CHAPITRE III

Les parcelles chaulées et leur comparaison avec celles du champ d'expériences analytique

Constitution de la série des parcelles chaulées. — Une bande de terrain, longeant le champ d'expériences analytique, a

été aménagée en parcelles 11' à 18', accolées à celles qui portent les numéros 11 à 18. Elles ont reçu les mêmes fumures ; la seule différence a consisté dans ce fait que, plusieurs semaines avant l'épandage des engrais, cette bande de terrain a reçu de la chaux à raison de 2000 kg. à l'hectare. Par exception, par suite d'une fausse manœuvre, la parcelle 11' qui devait recevoir exclusivement de la chaux, n'a rien reçu du tout ; nous n'en ferons donc pas état.

Ces parcelles n'ont pas été établies en double Nous n'avons, pour garantir l'uniformité du terrain de cette série, que l'uniformité reconnue des deux séries non chaulées qui leur sont contiguës.

Indications fournies par les rendements. — Le classement des parcelles chaulées, d'après le rendement, est indiqué dans le tableau VI. Nous plaçons en tête, pour comparaison, la couple 8-18 du champ analytique à rendement maximum coté 100.

TABLEAU VI

Moyenne des rendements	Numéros des parcelles	Fumures	Rapports des rendements moyens	Classement
2 kg. 020	8 et 18	N	100	1
1 kg. 847	4 » 14	KN	91,4	2
1 kg. 822	5 » 15	NP	90,2	3
1 kg. 737	2 » 12	KNP (C)	86,0	4
1 kg. 699	3 » 13	KP	84,2	5
1 kg. 646	6 » 16	K	81,5	6
1 kg. 562	1 » 11	Témoin	77,2	7
1 kg. 487	7 » 17	P	73,6	8

Ce tableau VI suggère les remarques suivantes :

1° Les rendements d'une parcelle s'étagent entre 82,9 et 94,5, pour 100 de la couple étalon 8-18 du champ d'expériences analytique, l'écart maximum étant de 11,6 pour 100 de cette couple étalon ; alors qu'entre les couples du champ analytique les rendements s'étagent de 73,6 à 91,4 pour 100, l'écart maximum étant de 17,8, pour 100 de cette couple étalon. En d'autres termes, le chaulage à uniformisé le rendement.

2° Cette uniformisation résulte d'effets simultanés inverses, d'une part sur les moins bonnes parcelles du champ analytique,

qui ont été élevées et, d'autre part, sur les meilleures parcelles du champ analytique, qui ont été abaissées. Si l'on prend pour mesure le rendement coté 100 de la couple étalon 8-18, on constate que le chaulage a provoqué les décalages suivants :

TABLEAU VII

Champ non chaulé			Champ chaulé			Décalage Σ—X
Fumure.	Numéros	Rapport X	Fumure	Numéros	Rapport Σ	
N	8-18	100	NCa	18′	89,6	— 10,4
KN	4-14	91,4	KNCa	14′	83,6	— 7,8
NP	5-15	90,2	NPCa	15′	90,1	— 0,1
KNP	2-12	86,0	KNPCa	12′	94.5	+ 8,5
KP	3-13	84,2	KPCa	13′	82.9	— 1,3
K	6-16	81,5	KCa	16′	94,0	+ 12,5
Témoin	1-11	77,2	»	»	»	»
P	7-17	73,6	PCa	17′	93,1	+ 19,5

Ainsi le chaulage de ce sol cultivé en pommes de terre augmente l'effet d'une fumure insuffisante (sans toutefois atteindre le maximum) et diminue l'effet d'une fumure appropriée : ce qui engage la pratique agricole à s'aiguiller, dans ce cas, plutôt vers le choix d'une fumure appropriée (ici azote seul) sans chaulage.

3° Ces décalages de sens divers modifient le classement des parcelles. La figure 2 présente le nouveau classement de la partie chaulée, où les parcelles sont ordonnées d'après les valeurs croissantes du rendement. Ces rendements, tous bons quoique inférieurs à ceux de 8-18, diffèrent peu les uns des autres. Voici le fait important : il semble que l'efficacité relative de la fumure azotée se soit effacée ; nous n'avons plus la séparation en deux groupes tranchés : quatre parcelles inférieures parce qu'elles n'ont pas reçu d'azote, quatre parcelles supérieures parce qu'elles ont reçu de l'azote (l'ordre n'étant pas le même dans la figure 1 terrain non chaulé et dans la figure 2, terrain chaulé, les comparaisons des rendements de même fumure dans les deux séries ne seraient pas aisées ; aussi avons-nous, sur la figure 2, rappelé par de petits ronds les rendements de la partie non chaulée de même fumure).

Indications fournies par l'observation du développement. — Le tableau VIII donne les résultats de nos pesées.

TABLEAU VIII

Matière fraîche par pied

		29 juin	22 juillet	10 août	14 sept.	11 oct.
		gr.	gr.	gr.	gr	
12′	Partie aér.	195	437	580	475	»
	Tubercules	0	64	196	516	1 kg. 910
13′	Partie aér	130	455	570	448	»
	Tubercules	0	75	195	560	1 kg. 675
14′	Partie aér.	110	460	575	484	»
	Tubercules	0	37	144	564	1 kg. 690
15′	Partie aér	280	540	592	500	»
	Tubercules	2	70	180	620	1 kg. 820
16′	Partie aér.	165	380	620	444	»
	Tubercules	6	85	260	630	1 kg. 900
17′	Partie aér.	185	420	584	408	»
	Tubercules	0	60	204	580	1 kg. 880
18′	Partie aér.	205	485	598	524	»
	Tubercules	0	54	196	520	1 kg. 810

Le développement des tubercules dans le terrain chaulé est, pour les trois premiers échantillonnages, nettement en retard par rapport au développement des tubercules dans le terrain non chaulé. Le fait est surtout sensible pour les parcelles recevant de l'azote. Ce retard s'atténue avec le temps et, à la récolte, les rendements sont de même ordre.

Pas plus que les rendements, les développement ne présentent la subdivision en quatre parcelles supérieures et quatre inférieures.

Renseignements fournis par les diagnostics foliaires. — L'analyse des feuilles de la partie chaulée a donné les résultats inscrits au tableau IX, traduit graphiquement par la figure 2.

Nous devons interpréter ces résultats relevés sur le terrain chaulé, d'une part, en les comparant entre eux, d'autre part, en les comparant aux résultats relevés sur le terrain non chaulé.

Acide phosphorique. — 1° Teneurs en P^2O^5 de la série chaulée comparées entre elles :

Dans la série chaulée, il y a, entre les teneurs des feuilles en acide phosphorique, des différences absolues qui, quoique faibles, sont sensibles ; dans trois parcelles les teneurs dépassent 0,50 ;

TABLEAU IX

			29 juin	22 juillet	10 août
KNPCa	12′	Chaux	5,24	4,98	5,17
		Potasse	8,64	6,65	5,78
		Azote	4,15	3,90	3,27
		Ac. phos.	0,58	0,43	0,35
KPCa	13′	Chaux	4,30	5,39	5,47
		Potasse	8,89	6,79	5,39
		Azote	3.90	2,90	2,94
		Ac. phos.	0,49	0,40	0,37
KNCa	14′	Chaux	4,25	5,37	5,61
		Potasse	8,45	7,89	5,80
		Azote	4,39	3,39	3,36
		Ac. phos.	0,45	0,40	0,33
NPCa	15′	Chaux	4,98	5,31	5,88
		Potasse	6,57	6,47	4,90
		Azote	4,39	3,39	3,36
		Ac. phos.	0,47	0,38	0,36
KCa	16′	Chaux	4,32	5,22	5,43
		Potasse	8,74	7,74	5,61
		Azote	3,98	3,27	2,91
		Ac. phos.	0,56	0,37	0,32
PCa	17′	Chaux	4,31	5,55	5,79
		Potasse	7,26	6,15	3,98
		Azote	3,56	2,86	2,88
		Ac. phos.	0,57	0,45	0,38
NCa	18′	Chaux	4,56	4,60	5,11
		Potasse	6.76	5,59	3,90
		Azote	4,45	3,45	3,39
		Ac. phos.	0,43	0,39	0,31

les quatre autres restent au-dessous, mais il n'est pas sans intérêt de noter que l'une d'elles KPCa, avec 0,49, s'en approche de fort près.

Rien de systématique n'apparaît pour expliquer ces petites différences. Si les teneurs dépassant 0,50 appartiennent aux trois meilleures parcelles, la teneur 0,49 appartient à la moins bonne : donc aucune relation avec le rendement. Si les trois teneurs 0,49 — 0,57 — 0,58 se réfèrent à des fumures apportant l'acide phosphorique, la teneur 0,56 se réfère à la fumure KCa, qui n'en apporte pas : donc aucune relation avec la fumure.

Nous verrons toutefois, en parlant de l'azote, que les teneurs approchant ou dépassant 0,50 ne sont pas sans relation avec d'autres caractères du diagnostic foliaire.

2° Teneurs en P^2O^5 de la série chaulée comparées aux teneurs des séries non chaulées.

La confrontation des diagrammes de l'acide phosphorique des figures 1 et 2 montre que, au premier échantillonnage, la richesse de la feuille de la série non chaulée est, à fumure égale, légèrement plus élevée que celle des séries non chaulées, sauf pourtant dans le cas de deux fumures non phosphatées KNCa et NCa, où elle reste la même. Aux autres échantillonnages, la série chaulée est plus riche en acide phosphorique que les séries non chaulées. On peut donc dire que, d'une manière générale, le chaulage a augmenté l'absorption de l'acide phosphorique ; mais, ainsi que nous l'avons vu précédemment, sans qu'il en résulte une augmentation systématique du rendement.

Azote. — 1° Teneurs en azote de la série chaulée comparées entre elles :

Trois parcelles de la série chaulée présentent des teneurs atteignant ou dépassant 4,4 d'azote pour cent de la matière sèche de la feuille ; elles correspondent toutes trois à des fumures azotées, KNCa, NCa, NPCa. Parmi les quatre autres parcelles, à feuilles moins riches en azote, il faut distinguer KNPCa, la meilleure parcelle de la série, avec 4,15 d'azote ; puis les deux parcelles à fumures non azotées KPCa et PCa, qui n'atteignent pas 4 ; et enfin la parcelle PCa, à fumure non azotée, qui a la plus faible teneur en azote, 3,56. Nous trouvons donc, pour l'azote de la feuille, une corrélation avec la présence de l'azote dans la fumure.

Mais il n'y a pas corrélation entre ces différences et le classement des parcelles d'après le rendement. Nous expliquons ce fait, d'une part, parce que les différences de rendement sont trop faibles pour qu'on y puisse voir un fait massif à expliquer, d'autre part, parce que toutes ces teneurs en azote, au moment du premier échantillonnage, sont élevées, atteignant ou dépassant toutes la zone des teneurs en azote que, dans le chapitre II, nous avons inscrites comme adjointes aux plus hauts rendements. Il y a des fortunes azotées diverses, mais il n'y en a pas de pauvres. Il n'en demeure pas moins que les feuilles de certaines parcelles dépassent cet ordre de grandeur suffisant. Si bien qu'on doit se demander quelle sorte d'avantage retire la plante d'avoir admis dans la feuille une teneur qui dépasse 4 d'azote ; en tous cas PCa, avec 3,56, a un développement et un rendement pratiquement équivalents à ceux de KNPCa, avec

4,15. Nous saisissons donc là, dans le cadre de la feuille étudiée, une zone de superflu d'azote, ce qui veut dire un équilibre alimentaire de même efficacité que l'équilibre optimum, mais présentant, par rapport à cet équilibre optimum, un suppplément d'azote absorbé, mais non utilisé à l'accroissement du rendement.

Il est digne d'attention que les quatre teneurs en azote les plus faibles correspondent aux quatre teneurs en acide phosphorique les plus fortes. Il arrive que la présence de l'acide phosphorique dans une fumure n'élève pas sensiblement la teneur de la feuille en cet aliment ; alors l'effet de frein de l'acide phosphorique sur l'absorption de l'azote ne se produit pas ; mais ici, dans trois cas déjà notés, l'acide phosphorique de la feuille a dépassé 0,50 ; dans un quatrième cas il a atteint 0,49 : et c'est dans ces quatre cas que l'azote de la feuille a débuté à moindre teneur. Qu'on accepte ou non que l'acide phosphorique exerce un effet de frein sur l'absorption de l'azote, on peut dire que tout se passe comme s'il en était ainsi. Voilà qui donne, aux faibles décalages absolus de l'acide phosphorique, toute l'importance que suggèrent ses importants décalages relatifs. Seulement, dans notre terrain chaulé, l'acide phosphorique n'a jamais fait descendre l'azote au-dessous du niveau compatible avec les hauts rendements ; alors que dans le terrain non chaulé la parcelle P. la moins productive, paraît, comme nous l'avons vu, avoir subi cet effet de frein avec une intensité nuisible. Cette mésaventure a été évitée dans le terrain chaulé, parce que le chaulage, par un processus que nous n'avons pas élucidé, exalte l'absorption de l'azote. Ainsi la parcelle PCa a subi un abaissement de l'azote considérable, mais qui ne fait pas descendre la teneur de cet élément au-dessous de la limite convenable ; si bien que, au lieu d'occuper le dernier rang, la parcelle PCa se place au troisième rang après la meilleure (le cas de la parcelle KPCa, qui a subi le même freinage modéré de l'azote par l'acide phosphorique et qui occupe le dernier rang par son rendement, n'est pas assimilable à celui de la parcelle PCa, à cause de sa teneur beaucoup plus élevée en potasse).

Nous insistons sur ces considérations, en premier lieu parce qu'elles ressortent nettement de notre expérience et peuvent se lire clairement sur les figures 1 et 2 et, en second lieu, parce qu'il semble bien que le diagnostic foliaire, en introduisant pour la première fois une observation méthodique des influences

réciproques des principes nutritifs les uns sur les autres, puisse élargir dès maintenant la critique scientifique des divers modes d'alimentation d'une même espèce végétale.

Un autre fait digne d'attention et sur quoi nous allons revenir dans le paragraphe suivant, c'est que les diagrammes de l'azote dans la série chaulée présentent tous une allure de chute rapide avec l'âge de la feuille.

2° Teneurs en azote de la série chaulée comparées aux teneurs des séries non chaulées :

Prises dans le premier échantillonnage, les teneurs en azote des feuilles du terrain chaulé sont toutes égales ou supérieures à celles qu'on a trouvées dans le terrain non chaulé. Dans le terrain chaulé, l'alimentation en azote a partout atteint ou dépassé les besoins d'azote de la plante, compatibles avec les plus hauts rendements. Or, le champ analytique a démontré que c'est l'azote qui, dans ce milieu, commande le rendement. Il n'est donc pas étonnant que nous ne trouvions plus, dans la série chaulée, la subdivision en deux groupes : l'un plus productif, parce qu'il aurait assez d'azote, l'autre moins productif, parce qu'il n'en aurait pas assez. Retenons cette harmonie entre le résultat cultural et le diagnostic foliaire. Sans ce diagnostic on eût été bien embarrassé d'expliquer les différences culturales entre les parcelles non chaulées et les parcelles chaulées et, devant ce fait que l'azote, reconnu seul efficace dans le champ analytique, n'avait marqué aucune différence systématique dans le terrain chaulé. En nous montrant que, dans toutes les parcelles du terrain chaulé, l'azote, quel que soit d'ailleurs le processus de sa mobilisation, est partout entré en quantité suffisante, le diagnostic foliaire lève la contradiction qui subsisterait devant la seule expérience culturale.

Un fait singulier apparait quand on compare les diagrammes de l'azote, d'une part, dans le terrain non chaulé, d'autre part, dans le terrain chaulé. Non seulement dans le terrain chaulé l'on ne retrouve pas la séparation en deux groupes de quatre parcelles, mais l'allure du diagramme est constamment différente : presque en palier pour le terrain non chaulé, il est très oblique pour le terrain chaulé. Cette comparaison pose le problème de l'interprétation de la chute d'un diagramme du diagnostic foliaire annuel. Empressons-nous de dire que ce pro-

blème ne nous paraît pas encore définitivement résolu. Les premières observations que nous avons faites sur la feuille prélevée dans la vigne à la base des rameaux fructifères nous ont fait penser qu'une chute importante du diagramme d'un aliment entre le premier et le dernier échantillonnage caractérisait, selon toute apparence, une demande particulièrement active de ce principe nutritif par l'ensemble des tissus à la nutrition desquels collaborait la feuille en question ; par contre, la forme en palier paraissait signaler un engorgement, un embouteillage du principe dans la feuille étudiée, par suite une moindre demande des nouveaux tissus, bref un approvisionnement dont le débit dépassait celui de la livraison. Il n'y a, semble-t-il, aucune raison de modifier cette manière de voir. Mais l'expérience actuelle sur la pomme de terre de Malbosc oblige à admettre que les deux formes différentes de diagramme, l'une en palier, voisine de l'horizontale, l'autre, en chute voisine de la verticale, ne sont incompatibles, ni l'une, ni l'autre, avec un fort rendement. Cette expérience montre aussi que le niveau du diagramme de l'azote au début de la vie de la feuille est, au contraire, plus étroitement lié au rendement et à la valeur physiologique de l'équilibre alimentaire.

La signification précise des diagrammes en chute brusque reste donc en suspens. Il y a cependant là, quand on considère les diagrammes de l'azote dans les figures 1 et 2, une différence d'ordre physiologique d'autant plus digne d'attention qu'elle se produit régulièrement ici par une cause toujours la même, le chaulage. Nous verrons réapparaître la même différence par le chaulage de huit autres parcelles étudiées plus loin, toujours sans exception. Nous ignorons le processus du phénomène. Et les remarques précédentes indiquent que nous ne savons pas davantage quelle en est la répercussion sur la croissance du végétal. La méthode du diagnostic foliaire est encore trop nouvelle pour que nous soyons en mesure d'interpréter de prime abord tous les faits qu'elle nous apporte. Cette situation prévue est la conséquence nécessaire de notre hypothèse de travail, qui commande une abondante statistique. On voit aussi combien il est indispensable, dans l'examen critique actuel de la méthode du diagnostic foliaire, de fonder ses comparaisons sur des expériences culturales sérieusement organisées. Nous reviendrons, au chapitres VI, sur cette question de l'allure des diagrammes.

Potasse. — 1° Teneurs en potasse de la série chaulée comparées entre elles :

Le figure 2 montre des différences très importantes entre les teneurs en potasse des diverses parcelles de la série chaulée : ces différences atteignent 2,32 pour cent de la matière sèche de la feuille 8,89 KPCa — 6,57 NPCa.

Elles sont en relation très nette avec la présence de la potasse dans la fumure : les quatre parcelles qui ont reçu la fumure potassique ont toutes une feuille où la potasse dépasse 8,4 ; les trois parcelles qui n'ont pas reçu d'engrais potassique ont toutes une feuille où la potasse reste au-dessous de 6,8.

Par contre, les différences de teneurs en potasse ne sont aucunement en relation avec le rendement. Accordons que ces différences de rendement sont faibles et que toutes les parcelles de la partie chaulée ont pratiquement le même rendement. Il n'en est pas moins vrai que des différences massives de teneurs en potasse de la feuille s'adjoignent à ces rendements équivalents, et, de crainte que nous ayons tendance à apparenter le classement de ces teneurs avec celui des rendements, l'expérience donne à cette tendance le démenti le plus clair : les hautes teneurs en potasse sont adjointes aux deux rendements les moins bons et aux deux rendements les meilleurs. On ne peut pas mieux marquer l'indifférence des rendements aux suppléments importants de potasse apportés dans la feuille par l'engrais potassique.

2° Teneurs en potasse de la série chaulée comparées à celles de la série non chaulée :

Quand, sur les figures 1 et 2, on embrasse d'un regard d'ensemble les teneurs en potasse des feuilles des deux séries, on y voit tout d'abord les deux faits déjà notés pour chacune d'elles, à savoir que, dans les deux séries, les doses élevées de potasse sont en corrélation très évidente avec la présence de la potasse dans la fumure et qu'il n'y a au contraire aucune corrélation entre ces doses élevées de potasse et les rendements. Mais on voit aussi un troisième fait : c'est que, pour la partie chaulée, les teneurs en potasse des feuilles ayant reçu l'engrais potassique sont notablement plus élevées que celles des parcelles de même fumure dans la partie non chaulée. Donc le chaulage a très notablement augmenté l'absorption de la potasse de l'engrais potassique par la feuille étudiée.

Par contre, il n'y a pas, pour les parcelles qui n'ont pas reçu d'engrais potassique, d'augmentation quand on passe de la série non chaulée à la série chaulée. Donc le chaulage, qui augmente très notablement l'absorption de la potasse de l'engrais, n'augmente pas l'absorption de la potasse du sol.

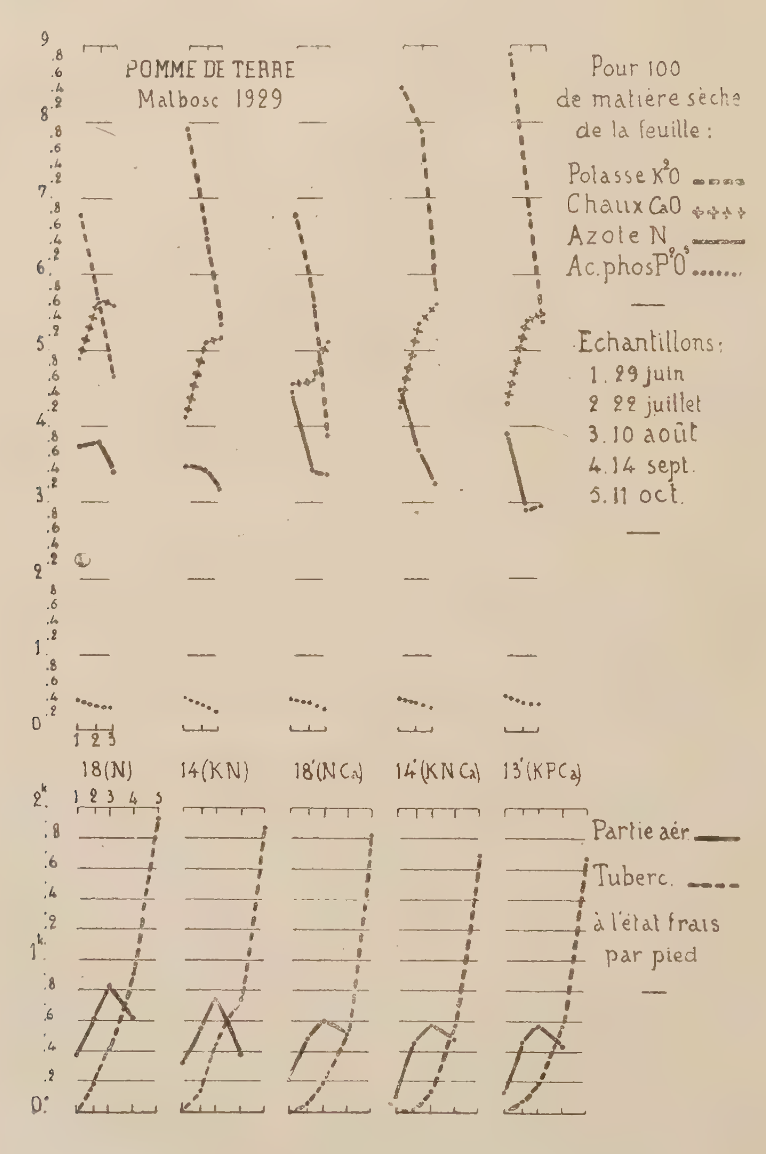


Fig. 3

C'est un fait admis en agronomie, que la chaux déplace la potasse du sol. Nous voyons apparaître ici un fait sensiblement différent : la chaux exalte l'absorption de la potasse de l'engrais, mais ne déplace pas la potasse du sol. La pomme de terre, dans cette terre de Malbosc, s'est montrée, en 1929, capable d'extraire du sol toute la potasse dont elle avait besoin, sans que l'aide de la chaux lui ait été profitable à ce point de vue.

La situation physiologique que révèlent nos résultats analytiques se caractérise donc par trois faits connexes :

a) L'engrais potassique enrichit la feuille en potasse ;

b) L'engrais potassique accompagné de chaulage enrichit plus encore cette feuille en potasse ;

c) Néanmoins les plus hauts rendements sont obtenus sans apport d'engrais potassique et, par conséquent, sans l'enrichissement de la feuille en potasse par l'une de ces causes ou par les deux.

La figure 3, où sont reprises 5 parcelles des figures 1 et 2, avec une représentation complète du développement en fonction du temps, montre explicitement ces phénomènes importants.

Nous voici, pour la troisième fois, après une constatation toute pareille en ce qui l'acide phosphorique et l'azote, amenés à constater, dans la feuille étudiée, une zone de superflu, c'est-à-dire des teneurs dépassant celles qui, corrélatives du plus haut rendement, doivent être considérées comme suffisantes. Mais, dans ce troisième exemple, celui de la potasse, le supplément, sans action sur le rendement, est tel qu'il sollicite une réponse à la question suivante : Si cet important supplément, accepté par la plante sans en pâtir sensiblement ne sert pas à augmenter le rendement, à quoi sert-il ? Nous essaierons de répondre à cette question dans le chapitre VI.

Chaux. — 1° Teneurs en chaux de la série chaulée comparées entre elles.

Egalement chaulées, les diverses parcelles présentent dans leur feuille des quantités assez diverses de chaux. A la vérité, ces différences ne sont pas telles qu'elles attribuent à la chaux des rôles différents dans les différentes parcelles Il est d'ailleurs difficile d'affirmer que la chaux s'est incorporée d'une manière très homogène dans la terre chaulée ; et il est regrettable que, pour

le reconnaître, nous n'ayons pas, de chaque parcelles chaulée, deux exemplaires. En tous cas, les différences ne sont pas plus marquées que dans la partie non chaulée, où cette hétérogénéité calcique n'est plus en question.

2° Teneurs en chaux de la partie chaulée comparées avec celles de la partie non chaulée :

On s'attend à trouver plus de chaux dans les feuilles du terrain chaulé (fig. 2) que dans celles du terrain non chaulé (fig. 1).

En général on y trouve, en effet, un léger supplément de chaux. Mais c'est bien peu pour un apport de 2.000 kil. de chaux à l'hectare : et le fait n'est pas constant. En définitive, la position et l'allure des diagrammes de la chaux restent analogues dans le terrain chaulé et dans le terrain non chaulé. Nous reviendrons sur ce fait dans le chapitre VI.

Alimentation globale $K^2O + N + P^2O^5$. — Il est entendu que l'expression « alimentation globale » n'a de sens que si l'on indique les principes nutritifs que l'on englobe dans la somme

TABLEAU X

Numéros des parcelles	Rendements par pied	Fumure	$K^2O+N+P^2O^5$		
			29 juin	22 juillet	10 août
7	1 kg. 450	P	10,42	8,55	7,74
17	1 » 525	P	10,43	8,65	7,97
17′	1 » 880	PCa	11,39	9,46	7,24
1	1 » 675	O	10,98	9,46	7,91
11	1 » 450	O	11,03	8,85	7,39
11′	MANQUE	»	»	»	
6	1 » 480	K	11,14	10,02	8,92
16	1 » 813	K	11,36	9,95	8,02
16′	1 » 900	KCa	13,28	11,38	8,84
3	1 » 685	KP	11,24	9,39	7,65
13	1 » 713	KP	11,32	9,63	7,65
13′	1 » 675	KPCa	13,28	10,09	8,70
2	1 » 850	KNP	11,80	9,98	9,08
12	1 » 625	KNP	12,11	10,72	8,69
12′	1 » 910	KNPCa	13,37	10,98	9,40
5	1 » 855	NP	10,51	9,21	7,71
15	1 » 790	NP	10,54	9,31	7,89
15′	1 » 820	NPCa	11,43	10,24	8,62
4	1 » 820	KN	11,32	10,26	8,76
14	1 » 875	KN	11,64	10,24	8,81
14′	1 » 690	KNCa	13,36	11,98	9,39
8	2 » 120	N	10,93	9,73	8,29
18	1 » 930	N	10,91	9,74	8,26
18′	1 » 810	NCa	11,64	9,48	7,60

considérée. Ici nous englobons $K^2O + N + P^2O^5$, c'est-à-dire les trois principes nutritifs qui ont en commun la propriété physiologique de diminuer dans la feuille avec son âge et la propriété économique d'être légalement cotés sur le marché des engrais. Le tableau X donne la suite des sommes que nous considérons ; les parcelles y sont inscrites dans l'ordre croissant des rendements moyens des couples de parcelles homologues du champ analytique, c'est-à-dire dans l'ordre de la figure 1.

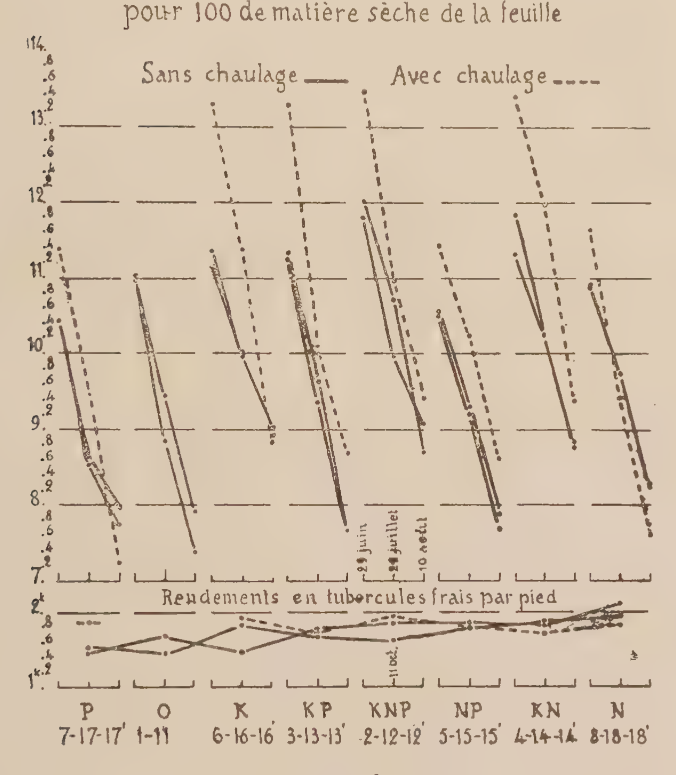


Fig. 4

Le graphique 4 traduit toutes les donnés numériques du tableau X. Les données relatives au champ analytique, non chaulé, sont reliées par des traits pleins ; celles du terrain chaulé,

par des traits interrompus. Sur cette représentation graphique on peut faire les observations suivantes :

a) A des fumures pareilles correspondent des alimentations globales $K^2O + N + P^2O^5$, qui sont très sensiblement pareilles, au point qu'il est parfois impossible de les représenter par des diagrammes distincts (c'est le cas des parcelles 8 et 18) ;

b) A des fumures différentes correspondent des alimentations globales $K^2O + N + P^2O^5$ qui sont notablement différentes. Cette seconde constatation, jointe à la précédente, entraîne la conclusion suivante : l'alimentation globale $K^2O + N + P^2O^5$ est un caractère lié au mode d'alimentation du végétal ; ce caractère fait partie du diagnostic foliaire ;

c) Ni dans le terrain non chaulé, ni dans le terrain chaulé, l'alimentation globale n'est en corrélation systématique avec le rendement de la pomme de terre. C'est d'ailleurs une conséquence de la discordance entre les rendements et les richesses de la feuille en potasse, car les teneurs en potasse jouent un rôle prépondérant dans les variations de la somme $K^2O + N + P^2O^5$;

d) Le chaulage augmente l'alimentation globale $K^2O + N + P^2O^5$, et cette augmentation, portant surtout sur la potasse quand celle-ci est apportée par l'engrais, peut être considérable ;

e) Ces augmentations d'alimentation globale $K^2O + N + P^2O^5$ provoquées par le chaulage ne sont pas toujours avantageuses au rendement de la pomme de terre : si elles ont élevé le rendement des fumures sans efficacité directe, elles ont abaissé celui des meilleures fumures ; en sorte que le cultivateur sachant donner la fumure la plus efficace (ici l'azote seul) n'avait qu'un déficit à attendre du chaulage de la terre acide de Malbosc pour la culture de la pomme de terre.

Cette surcharge minérale provoquée par le chaulage, sans profit pour le rendement, nous l'avons retrouvée (Tableau XI) dans les feuilles terminales qui forment un petit bouquet encore vert au sommet des fanes déjà épuisées par le développement accéléré des tubercules en fin de végétation.

La surcharge minérale $K^2O + N + P^2O^5$ provoquée par le chaulage se retrouve donc dans toutes les feuilles et jusqu'à la fin de la végétation. Voilà donc un point acquis.

Un second point consiste à savoir ce que deviennent ces

TABLEAU XI

Numéros des parcelles	Tubercules frais au 14 septembre	Fumure	$K^2O + S + P^2O^5$ pour 100 de mat. sèche dans les feuilles terminales au 14 septembre
7	460	P	7,19
17	445	P	7,03
17′	580	PCa	7,51
1	390	O	7,50
11	600	O	7,59
11′	MANQUE	»	»
6	490	K	7,17
16	660	K	8,04
16′	630	KCa	9,73
3	560	KP	6,86
13	505	KP	6,98
13	560	KPCa	9,45
2	600	KNP	8,03
12	700	KNP	8,24
12′	516	KNPCa	10,63
5	520	NP	7,93
15	565	NP	7,55
15′	620	NPCa	9,48
4	640	KN	8,60
14	740	KN	8,25
14′	564	KNCa	10,09
8	860	N	7,45
18	905	N	7,43
18′	520	NCa	8,51

principes fertilisants absorbés en surcroît par la pomme de terre. Le plan de notre travail ne comportant pas l'analyse des tubercules, nous nous référerons, pour ce second point, au fait, établi par d'autres travaux, de la transmigration dans les tubercules de la presque totalité des principes fertilisants absorbés par la plante. La preuve expérimentale en a été donnée (Tableau XII) notamment par Wimmer (Landwirtsch. Versuchs-Stationen, 1905).

Par conséquent, les surcroîts d'absorption minérale que nous avons observés quittent le champ, totalement, si l'on exporte à la fois tubercules et fanes, presque totalement encore, si l'on réincorpore les fanes au sol. Or, nous avons vu que cette exportation minérale pouvait être évitée, tout en réalisant un meilleur rendement, si, s'abstenant de chauler, le propriétaire eût fait usage exclusivement de sulfate d'ammoniaque.

Tableau XII

Quintaux métriques absorbés par hectare

	POTASSE		AZOTE		ACIDE PHOSPH.	
	Plante entière	Tubercules	Plante entière	Tubercules	Plante entière	Tubercules
17 juin	53,18	2,49	50,55	1,51	9,48	0,49
16 juil.	88,14	48,39	53,31	25,43	17,07	8,77
18 août	126,29	97,07	116,46	53,95	28,74	17,57
8 oct.	161,17	154,53	124,86	97,91	31,62	27,23

Il y a longtemps qu'on a dit que le chaulage, provoquant d'abord des suppléments de récolte, laissait ensuite des terres épuisées, qui ne reprenaient leur fertilité qu'après d'abondantes et coûteuses fumures. Mais nous voyons, dans le cas présentement étudié, un épuisement sans compensation aucune pour le propriétaire. Par contre, cette pratique fera toujours l'affaire du commerce des engrais, puisque, soit après une première période de meilleurs rendements, soit en pure perte pour l'agriculteur, elle aboutit toujours à des terres plus vite épuisées.

L'étude, par le diagnostic foliaire, des effets physiologiques du chaulage, tout en dégageant l'agronome des difficultés de l'étude analytique des sols chaulés et des hypothèses qu'on a coutume d'y adjoindre sur la manière dont se *comportera* le végétal, prend la question sous son jour vraiment pratique Elle vient de montrer qu'on peut commettre une erreur technique et une erreur économique en chaulant certaines terres acides pour la culture de la pomme de terre (nous verrons plus loin que l'acidité de la terre de Malbosc correspond à pH = 5,5).

Conclusion du chapitre III. Pouvoir-tampon des végétaux à l'égard des excès d'aliments — L'intervention de la série chaulée dans notre expérience a fait ressortir plus nettement encore la corrélation entre la fumure et le diagnostic foliaire, en mettant en relief, non seulement ce qu'on appelle le déplacement de la potasse par la chaux dans le sol, mais aussi l'entrée massive, dans la feuille étudiée, de cette potasse mobilisée par la chaux. Il en résulte que le problème cultural posé par les influences divergentes du chaulage sur le rendement est ici transporté dans le domaine de la physiologie. Aussi bien,

cet effet particulier du chaulage, provoquant dans la feuille une surcharge potassique sans liaison avec le rendement, rentre dans le même cadre que les augmentations, sans doute moins massives, mais analogues et aussi stériles, de l'acide phosphorique (parcelles 13', 17', 16', 12'), et de l'azote (parcelles 14' 18', 15'), observables sur la figure 3 et déjà commentées.

Si, pour l'agronome, il est important de savoir que, en vue de la culture de la pomme de terre, il est techniquement inopportun de chauler la terre acide de Malbosc ; s'il est intéressant pour lui de reconnaître par l'analyse de la feuille que le chaulage épuise ce sol sans profit, il y a un autre fait important pour le physiologiste, à savoir que la feuille accepte ces suppléments alimentaires sans les utiliser à l'accroissement de la plante et sans cependant en pâtir sensiblement. Ce n'est plus là seulement le témoignage d'une plasticité chimique, mais d'une passivité physiologique.

Dès lors qu'on admet la plasticité chimique de la feuille (ce Mémoire et les Mémoires suivants accumuleront les preuves de ce fait déjà établi par notre Premier Mémoire), on est conduit à concevoir, par une heureuse constitution du milieu, un optimum d'alimentation, que la plupart du temps les milieux culturaux ne réalisent pas : soit qu'ils condamnent le végétal à une ou plusieurs carences relatives, soit qu'ils lui imposent des surcharges.

Le fait de carence par rapport à l'optimum d'alimentation paraît être toujours dommageable au végétal à un degré tel que l'agriculteur en doive tenir compte : nous l'avons vu, en ce qui concerne l'azote, dans la culture de Malbosc et, précédemment, dans la culture de Montpellier.

Mais il résulte des observations que nous venons de relater sur les diagnostics foliaires et les rendements qui leur sont corrélatifs qu'une surcharge parfois abondante, notamment pour la potasse, parfois notable, comme nous l'avons vu pour l'azote, ne diminue pas le rendement d'une manière aussi massive. Dans notre expérience, le chaulage qui a produit ces surcharges n'a pas provoqué de mauvais rendements, ni même des rendements médiocres : les rendements, quoique inégaux. sont restés bons.

Donc *le végétal peut s'accommoder d'avoir dans sa feuille certaines surcharges. même abondantes, d'aliments minéraux, sans être condamné par ce fait à un développement gravement*

réduit. C'est là ce que, sans préjuger d'aucune explication, nous pouvons appeler le *pouvoir-tampon* du végétal à l'égard des surcharges alimentaires.

Qu'on ne s'y trompe pas : le pouvoir-tampon ainsi défini n'est pas une hypothèse ; c'est un fait. Dans le cadre du chimisme de la feuille étudiée et des faits culturaux qui lui sont corrélatifs, il ne se discute pas : il s'impose. Que, par ailleurs, on trouve intérêt à confronter ce fait avec certaines doctrines plus ou moins solidement établies de physiologie végétale, nous en tombons d'accord ; mais, dans ce Mémoire strictement objectif, nous ne saurions donner carrière à cette discussion.

Assurément ce pouvoir-tampon à l'égard des excès alimentaires minéraux a des limites ; ce que nous avons observé paraît même montrer qu'il ne s'exerce jamais à plein, c'est-à-dire sans entraîner quelque minime perturbation dans le développement de la plante. Mais tandis que, d'une part, les carences relatives par rapport à l'optimum d'alimentation ont des conséquences sévères pour l'agriculteur, le pouvoir-tampon, s'exerçant sur les excès d'aliments minéraux, constitue, d'autre part, contre ces excès une protection évidente. C'est une assurance contre les maladresses en ce qui concerne les fumures péchant par excès. En d'autres termes, le risque-carence est toujours grave, tandis que le risque-excès est en grande partie couvert par le pouvoir-tampon de la plante ; le risque-excès subsiste plutôt comme maladresse économique que comme maladresse technique.

Il faut reconnaître que nos cultures expérimentales de Malbosc ont largement bénéficié de cette assurance par le pouvoir-tampon. Imbus du préjugé classique sur la valeur prédominante de la fumure potassique de la pomme de terre dans tous les milieux, nous avons conçu notre fumure complète C avec potasse dominante : $K^2O/N/P^2O^5 = 3/2/1$. La plante nous a répondu que cette prédominance relative de la potasse ne correspondait aucunement à ses besoins sur la terre de Malbosc en 1929. Mais la plante a accepté cette surcharge potassique sans trop en souffrir, pourvu qu'elle ait aussi reçu de l'azote. Dans le terrain non chaulé, la fumure complète C reste classée parmi les quatre bonnes parcelles, malgré sa teneur en potasse ; dans le terrain chaulé, grâce à l'augmentation d'azote due au chaulage, et en dépit d'une surcharge potassique, elle occupe le premier rang.

C'est certainement dans ce contraste entre la sensibilité de la plante aux carences et sa passivité devant les excès que réside le secret du succès général de la fumure complète dans la plupart des champs d'expériences : la fumure complète pare au risque-carence en acceptant le risque-excès, que couvre le pouvoir-tampon.

Ces observations font souhaiter que, dans le milieu de Malbosc, maintenant bien connu à l'égard des besoins de la pomme de terre, on ait mis à l'essai des fumures complètes autrement équilibrées, c'est-à-dire qu'on ait engagé l'étude du pouvoir-tampon en présence de différentes formules. C'est précisement l'objet du chapitre suivant.

CHAPITRE IV

Comparaison des résultats obtenus avec trois fumures complètes diversement équilibrées en terrain non chaulé et en terrain chaulé

Constitution des diverses fumures complètes. — A Malbosc en 1929, nous avons mis en expérience trois fumures diversement équilibrées, que nous appelons complètes parce qu'elles apportent simultanément les trois principes fertilisants, potasse, azote, acide phosphorique. L'une d'elles, C, fait partie du champ analytique sous les numéros 2 et 12, que nous remplacerons dans le présent chapitre par C_1 et C_2. Les deux autres fumures complètes A et B ont été disposées en double exemplaire A_1, A_2, B_1, B_2 aux extrémités des séries non chaulées. Ces trois fumures figurent en outre, avec les étiquettes A', B', C', dans la série chaulée. Bien que la fumure C ait déjà été introduite dans nos raisonnements à propos du champ analytique, nous y reviendrons ici à propos d'autres comparaisons comme s'il n'en avait pas été déjà question.

TABLEAU XIII

	A_1 et A_2	B_1 et B_2	C_1 et C_2
$K^2O/N/P^2O^5$	1/1/1	1/2/3	3/2/1
Potasse	200 kg.	200 kg.	200 kg.
Azote	200 »	400 »	124 »
Acide phosphorique	200 »	600 »	67 »

La composition de ces fumures a été déterminée en conservant pour toutes les trois la même quantité de potasse, soit 200 Kil. de K^2O à l'hectare. Le tableau XIII réunit les chiffres concernant la composition de ces trois fumures complètes.

Indications fournies par les développements et les rendements. — Le tableau XIV contient les résultats des pesées effectuées dans toutes les parcelles à fumures complètes.

TABLEAU XIV

Matière fraîche par pied

Fumures	Parcelles		20 juin	22 juillet	10 août	18 sept.	11 oct.
			gr	gr.	gr.	gr.	kg.
A	A_1	Partie aér. ..	410	589	600	500	»
		Tubercules ..	25	205	590	640	1,850
	A_2	Partie aér. ..	345	660	660	480	»
		Tubercules ..	25	220	580	700	2,230
A + CaO	A'	Partie aér. ..	150	388	600	460	»
		Tubercules ..	0	46	156	540	1,825
B	B_1	Partie aér. ..	660	544	680	380	»
		Tubercules ..	45	225	660	780	2,000
	B_2	Partie aér. ..	430	510	620	396	»
		Tubercules ..	9	180	602	598	2,115
B + CaO	B'	Partie aér. ..	164	436	625	432	»
		Tubercules ..	0	52	208	588	1,875
C	C_1	Partie aér. ..	240	431	590	340	»
		Tubercules ..	35	182	445	600	1,850
	C_2	Partie aér. ..	446	515	660	550	»
		Tubercules ..	30	165	398	700	1,625
C + CaO	C'	Partie aér. ..	195	437	580	475	»
		Tubercules ..	0	64	196	516	1,910

Ces résultats sont traduits graphiquement, pour les parcelles A_1, A_2, A', B_1, B_2, B', dans la figure 4 ; pour C_1 et C_2 (2 et 12) dans la figure 1, et pour C' (12') dans la figure 2.

Considérons les rendements. Calculons les moyennes des rendements des deux parcelles homologues de chaque couple ; calculons aussi le rapport de chaque rendement à celui de la couple A, coté 100 ; enfin notons le décalage de rendement produit par le chaulage. Nous aurons ainsi le tableau XV.

L'ensemble de ces données culturales conduit à des problèmes de physiologie végétale dont l'énoncé peut, comme nous allons

le voir, prendre une intéressante précision quand on y joint des diagnostics foliaires.

Tableau XV

Fumures	Moyenne des rendements	Rapport	Décalage par le chaulage
	kg		
A	2,040	100	
A + CaO	1,825	89,4	— 10,6
B	2,057	100,8	
B + CaO	1,875	91,9	— 8,9
C	1,737	85,1	
C + CaO	1,910	93,6	+ 8,5
N	2,025	99,2	
N + CaO	1,810	88,7	— 10,5

Renseignements fournis par le diagnostic foliaire. — L'analyse des feuilles à fumure complète a donné les résultats contenus dans le tableau XVI.

Le graphique des diagnostics foliaires de A_1, A_2, A', B_1, B_2, B' se trouve sur la figure 5 ; celui de C_1 (2) et C_2 (12) se trouve sur la figure 1 ; celui de C' sur la figure 2. Nous parlerons aussi dediagnostics foliaires de N (8 et 18) qui sont sur la figure 1 et de N + CaO (18') qui se trouve sur la figure 2. Les considérations dans lesquelles nous allons nous engager peuvent donc être suivies sur les graphiques.

Les concordances entre les deux diagnostics foliaires d'une même couple, c'est-à-dire entre A_1 et A_2, entre B_1 et B_2, entre C_1 et C_2, sont satisfaisantes d'une manière générale ; en d'autres termes, dans le groupe des parcelles envisagées, à une fumure complète déterminée correspond un diagnostic foliaire déterminé (il n'y a de discordance sensible que pour l'azote du second échantillonnage de C (parcelles 2 et 12, figure 2) ; nous ne sommes pas en mesure d'expliquer cette discordance ; en tout cas, nos vérifications ne permettent pas d'admettre qu'elle soit d'ordre analytique).

a) *Comparaison des trois fumures A, B, N.* — Les fumures A et B, dont la première apporte autant d'azote que de potasse, la seconde deux fois plus d'azote que de potasse, ont, toutes deux, donné le même rendement moyen et ce rendement est

TABLEAU XVI

Fumures	Parcelles		29 juin	22 juillet	10 août
A	A_1	Chaux	4,41	5,16	5,35
		Potasse	7,83	6,58	5,80
		Azote	3,38	3,64	3,39
		Ac. phos.	0,43	0,37	0,30
	A_2	Chaux	4,85	5,36	5,27
		Potasse	7,70	6,29	5,37
		Azote	3,41	3,83	3,25
		Ac. phos.	0,42	0,40	0,29
B	B_1	Chaux	5,20	5,85	5,47
		Potasse	7,59	5,89	5,33
		Azote	3,79	3,74	3,30
		Ac. phos.	0,44	0,34	0,26
	B_2	Chaux	4,55	5,95	5,77
		Potasse	7,50	5,67	5,44
		Azote	3,82	3,72	3,37
		Ac. phos.	0,44	0,35	0,28
C	C_1	Chaux	4,08	4,78	4,97
		Potasse	8,14	6,41	5,53
		Azote	3,21	3,23	3,31
		Ac. phos.	0,45	0,34	0,24
	C_2	Chaux	4,21	4,58	5,25
		Potasse	8,39	6,57	5,26
		Azote	3,28	3,84	3,20
		Ac. phos.	0,44	0,31	0,23
A + CaO	A′	Chaux	4,46	5,33	5,81
		Potasse	8,20	7,20	4,88
		Azote	3,99	3,12	3,33
		Ac. phos.	0,55	0,42	0,37
B + CaO	B′	Chaux	5,01	5,74	5,90
		Potasse	7,98	6,91	4,82
		Azote	4,25	3,54	2,93
		Ac. phos.	0,53	0,45	0,34
C + CaO	C′	Chaux	5,24	4,98	5,17
		Potasse	8,64	6,65	5,78
		Azote	4,15	3,90	3,27
		Ac. phos.	0,58	0,43	0,35

identique à celui du couple N (8 et 18), qui n'apporte que de l'azote.

En ce qui concerne la potasse, il y a corrélation entre les diagnostics foliaires et les fumures. Tandis que les parcelles N, qui n'ont eu à leur disposition que la potasse d'ailleurs suffisante du sol, ont dans la feuille une teneur en potasse qui débute au dessous de 6,8, les parcelles A et B, qui ont reçu 200 kil. de potasse à l'hectare, ont dans la feuille une teneur qui débute au dessus de 7,5. De plus, les parcelles B où la fumure potassique est accompagnée d'une fumure azotés double, c'est-à-dire où la potasse, apportéé à dose absolue égale, est dans la fumure à dose

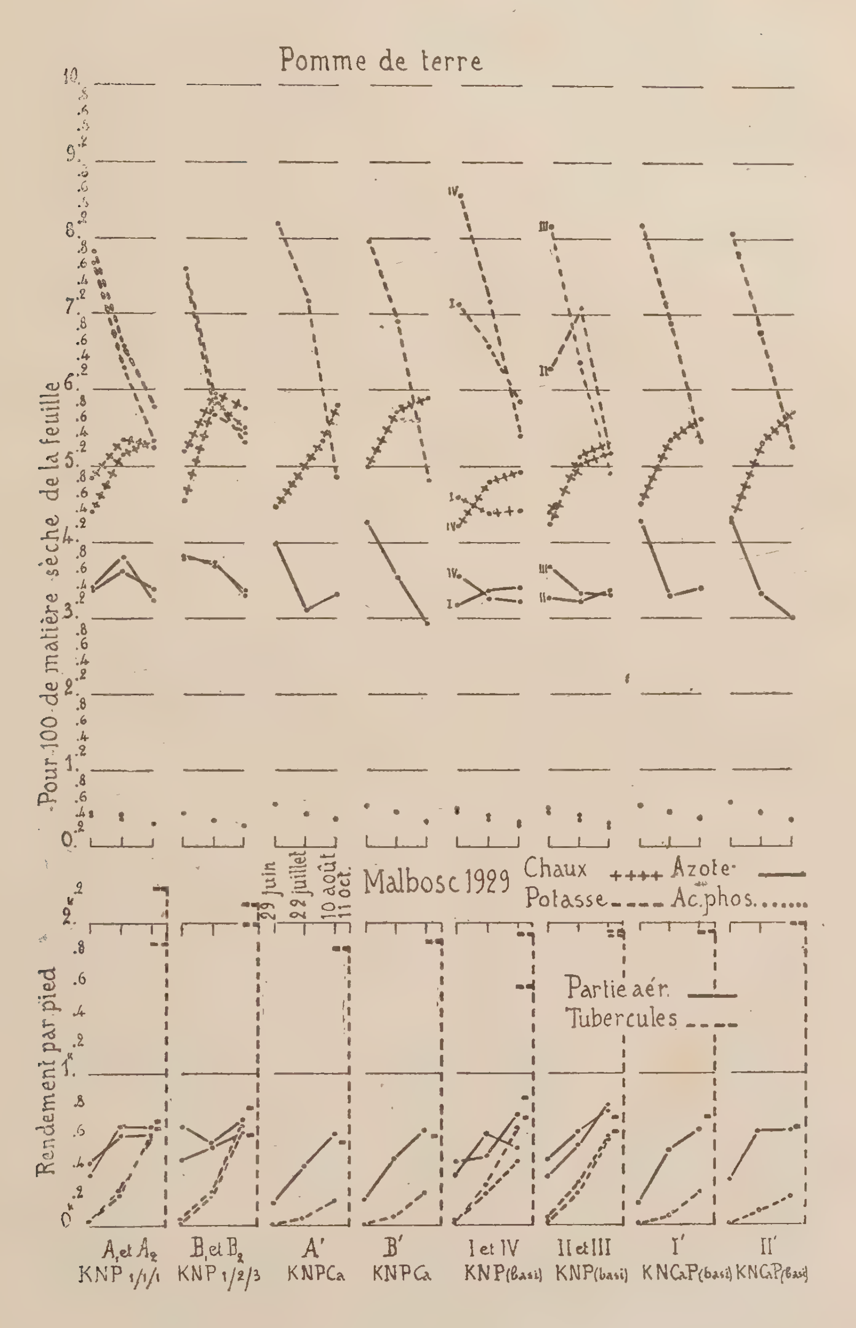

Pomme de terre
Pour 100 de matière sèche de la feuille
Rendement par pied
29 juin
22 juillet
10 août
11 oct.
Malbosc 1929
Chaux ++++
Azote
Potasse ----
Ac.phos. ......
Partie aér.
Tubercules
A1 et A2 KNP 1/1/1
B1 et B2 KNP 1/2/3
A' KNPCa
B' KNPCa
I et IV KNP(basi)
II et III KNP(basi)
I' KNCaP(basi)
II' KNCaP(basi)

FIG. 5

relative moitié moindre, présente dans sa feuille un peu moins de potasse. Il y a donc, d'après le diagnostic foliaire, trois alimentations potassiques différentes. Cependant les trois rendements sont identiques. C'est ce fait que nous exprimons en disant que le végétal a exercé, sans dommage pour le rendement, un pouvoir-tampon à l'égard des surcharges potassiques des feuilles de A et de B. — A la vérité, il y a eu une minime perturbation sur le mode de développement de la plante : la partie aérienne, avec les fumures complètes A et B, s'est développée moins vite et à moindre dégré qu'avec la fumure incomplète N, tandis que les tubercules, tout en aboutissant au même poids, se sont développés plus hâtivement. Mais, dans les trois cas, l'on obtient le même résultat agricole.

Passons à l'azote. La fumure complète A apporte 200 kil. d'azote à l'hectare ; la fumure B en apporte 400 kil. Le diagnostic foliaire nous montre que cette différence importante ne provoque dans la feuille qu'une légère différence d'alimentation azotée au début de la végétation : la feuille de A est un peu moins riche en azote que la feuille de B. Mais dans les deux cas ces teneurs en azote, comprises suivant l'âge de la feuille entre 3,2 et 3,8, sont celles que le champ analytique nous a montrées comme nécessaire et suffisantes pour le maximum de rendement ; elles sont d'ailleurs exactement de même ordre dans N, qui a reçu 134 kil. d'azote sans rien en plus. D'après le diagnostic foliaire, il n'y a donc rien d'étonnant, pour ce qui concerne l'azote, à voir que ces trois fumures azotées très différentes, provoquant dans la feuille des alimentations azotées légèrement différentes, mais toutes de même ordre de grandeur et toutes au niveau des exigences de la plante, aient donné le même rendement et le meilleur rendement.

En ce qui concerne l'acide phosphorique, la fumure A, qui en apporte 200k à l'hectare, la fumure B, qui en apporte 600k, n'en ont pas plus enrichi la feuille que la fumure N, qui n'en apporte pas du tout. Ces richesses indentiques en acide phosphorique des feuilles contribuent à expliquer, par le diagnostic foliaire, que les trois parcelles A, B et N, quoique fumées très différemment, aient donnée exactement les mêmes rendements. Pas plus pour l'acide phosphorique que pour l'azote, le pouvoir-tampon n'a eu à s'exercer dans les parcelles A, B et N.

Ces observations font un tout assez complexe.

En présence des résultats relevés par le diagnostic foliaire en ce qui concerne l'azote et l'acide phosphorique dans les parcelles A, B et N, nous voudrions mettre en garde les agronomes contre la tendance qui pourrait surgir de voir dans ces teneurs des feuilles une confirmation de l'ancienne loi du Minimum de Liebig, qui supposait quo la barrière de protection contre une fumure excessive relativement à un principe nutritif se trouvait au niveau des racines absorbantes. D'abord cette loi est formellement contredite par les variations de la potasse.

D'autre part nous avons déjà vu et nous reverrons, pour l'acide phosphorique, que cette prétendue porte fermée s'ouvre quand on chaule le terrain ; nous le constaterons notamment dans les parcelles A, et B, sans qu'on puisse dire que le chaulage élève ici les teneurs en chaux de la feuille et, par conséquent, fasse suivre à l'acide phosphorique la hausse d'un autre principe nutritif.

Au reste, il ne faudrait pas supposer que la teneur 0,4, ni même la teneur 0,6, observées à Malbosc sont des limites spécifiques pour l'acide phosphorique dans la feuille de pomme de terre : à Montpellier, en terre très calcaire, nous avons trouvé 1 de P^2O^5 pour 100 de matière sèche de la feuille ; d'autres recherches ont vu 1,6. Pour l'azote, on observe aussi dans la feuille de pomme de terre de grandes variations, sans qu'il y ait entre les divers principes nutritifs maintien d'un équilibre constant, qu'on puisse considérer comme spécifique. Ce n'est donc pas en invoquant la loi du Minimum qu'on expliquerait tous les cas observés de constance ou de variation de l'acide phosphorique et de l'azote dans la feuille de la pomme de terre.

Est-ce à dire que nous ayons une explication des faits d'absorption de la potasse, de l'azote et de l'acide phosphorique par la feuille de la pomme de terre à Malbosc, en 1929 ? Aucunement. Sur ces phénomènes d'absorption, où il s'agit de relations très complexes, physiques, chimiques, biologiques entre le sol, l'engrais et le végétal, nos recherches ne peuvent projeter aucune lumière directe, parce que ces phénomènes sont délibérément en dehors de notre plan de travail. C'est précisément pour tourner cet obstacbe, à quoi se heurte l'agronomie depuis plus d'un siècle, que nous proposons aux techniciens de l'alimentation rationnelle des plantes cultivées, de prendre, comme point de départ de leurs contrôles, non point le milieu ni l'engrais, mais le diagnostic foliaire, c'est-à-dire une opinion analytique de la plante,

b) *Cas de la fumure complète C.* — Dans la fumure complète C (parcelles KNP, 2 et 12, fig. 1), la potasse est à l'azote comme 3 est à 2.

Tout en n'apportant à l'hectare qu'une quantité de potasse (200 k.) égale à celle qu'apportent A et B, la fumure C accorde donc à la potasse une importance relative plus considérable. Or le diagnostic foliaire nous apprend que, dans les parcelles C, la potasse atteint dans la feuille, au premier échantillonnage, une teneur notablement plus élevée que dans les parcelles A et B. On peut voir là une répercussion, sur la feuille, des rapports quantitatifs des constituants de la fumure, en dépit de l'égalité des quantités de potasse apportées.

D'autre part, l'observation culturale montre que le rendement de la fumure C est de 15 o/o inférieur à celui des trois fumures A, B et N. Nous exprimerons ce fait en disant que, dans la parcelle C, la feuille a reçu une surcharge de potasse dépassant sensiblement la limite d'action du pouvoir-tampon du végétal.

Enfin la fumure complète C contient, par rapport aux fumures A et B, une quantité bien moindre d'acide phosphorique. Cependant le diagramme de l'acide phosphorique y est très analogue à celui des parcelles A et B et très analogue aussi à celui de la parcelle N, qui n'a pas reçu d'acide phosphorique. Nous constatons une fois de plus que, pour des raisons qu'il resterait à élucider, l'acide phosphorique du superphosphate ajouté au sol de Malbosc non chaulé n'enrichit pas la feuille,

c) *Fumures complètes chaulées A', B', C'.* — Lorsque les fumures A, B, C ont été épandues sur terrain chaulé et sont ainsi devenues A', B', C', nous retrouvons des faits qui ont été observés dans le champ analytique ; nous voyons, en effet, sur la figure 5 que :

1° Le chaulage a sur le rendement des effets divergents : tout comme il a abaissé le rendement des meilleures fumures du champ analytique, il abaisse le rendement des meilleures fumures complètes A et B, respectivement de 10,6 et 8,9 pour cent ; par contre, tout comme il a élevé le rendement des moins bonnes fumures du champ analytique, il élève le rendement de la moins bonne fumure complète C de 8,5 pour cent ;

2° Comme dans le champ analytique, le chaulage diminue la vitesse de croissance des tubercules dans le temps exploré par les trois premiers échantillonnages ;

3° Comme dans le champ analytique, le chaulage élève la richesse de la feuille en acide phosphorique ;

4° Comme dans le champ analytique, le chaulage augmente, au début, la richesse de la feuille en azote et provoque une chute beaucoup plus rapide du diagramme avec l'âge de la feuille ;

5° Toujours comme dans le champ analytique, le chaulage a exalté l'absorption de la potasse de l'engrais, au point d'atteindre, au premier échantillonnage, la teneur supérieure à 8 o/o, observée dans C et jugée précédemment comme dépassant la limite d'action du pouvoir-tampon du végétal.

Cette répétition des mêmes faits (que nous retrouverons encore dans d'autres parcelles étudiées plus loin) montre qu'il s'agit bien là de phénomènes caractéristiques de l'influence du chaulage de la terre de Malbosc, en 1929, sur le mode d'alimentation minérale de la pomme de terre.

Alimentation globale $K^2O + N + P^2O^5$. — Le tableau XVII donne la constitution détaillée des sommes que nous considérons.

TABLEAU XVII

Fumures	Parcelles	Rendements	$K^2O + N + P^2O^5$		
			29 juin	22 juillet	10 août
		kg.			
A	A_1	1,850	11,64	10,59	9,49
	A_2	1,230	11,53	10,52	8,91
A + CaO	A′	1,825	12,74	10,74	8,58
B	B_1	2,000	11,82	9,97	8,89
	B_2	2,115	11,76	9,74	9,09
B + CaO	B′	1,875	12,76	10,90	8,09
C	C_1	1,850	11,80	9,98	9,08
	C_2	1,629	12,11	10,72	8,69
C + CaO	C′	1,930	13,37	10,98	9,40

Dans les deux parcelles A_1 et A_2 l'alimentation globale $K^2O + N + P^2O^5$ présente des concordances très satisfaisantes, de même dans les deux parcelles B_1 et B_2. Nous retrouvons entre C_1 et C_2, pour le 2e échantillonnage, la discordance inexpliquée, due à l'azote, dont nous avons déjà parlé. Les fumures complètes A et B conduisent aux conclusions suivantes :

a) Aux fumures complètes pareilles correspondent des alimentations globales $K^2O + N + P^2O^5$ qui sont pareilles ;

b) A des fumures complètes différemment équilibrées correspondent des alimentations globales $K^2O + N + P^2O^5$ qui sont sensiblement différentes ,

c) Le chaulage augmente l'alimentation globale $K^2O + N + P^2O^5$ surtout au début de la végétation, augmentation portant surtout sur la potasse ;

d) Les augmentations d'alimentation globale $K^2O + N + P^2O^5$ provoquées par le chaulage ne correspondent pas, pour ces fumures complètes, à un rendement meilleur.

Ces conclusions corroborent celles que nous avons tirées du champ analytique.

Conclusions du chapitre IV. — Convenir qu'une fumure est appelée complète pour la seule raison qu'elle contient à la fois potasse, azote et acide phosphorique, c'est admettre que, sous ce vocable de « fumure complète », il y a une infinité de fumures qui diffèrent entre elles par les divers rapports mutuels des trois constituants. En choisissant arbitrairement trois types de fumures complètes, nous sommes donc fort loin d'avoir épuisé l'information expérimentale relative à l'action des fumures complètes sur la pomme de terre à Malbosc. Néanmoins, ces trois types de fumures complètes, choisies arbitrairement parmi l'infinité des fumures complètes possibles, ont apporté, grâce au diagnostic foliaire, des clartés physiologiques intéressantes.

1° — Nous avons tout d'abord constaté que deux fumures complètes A et B, différemment équilibrées et la fumure incomplète N, exclusivement azotée, ont donné exactement le même rendement. Cette équivalence pratique des trois fumures A, B et N donne à réfléchir sur la signification du succès agricole d'une fumure complète : l'expérience nous montre, d'une part que, par l'exercice d'un pouvoir-tampon du végétal à l'égard des excès d'aliments, deux fumures complètes différemment équilibrées peuvent donner le même résultat satisfaisant et qu'il suffit que les surcharges provoquées par ces fumures (et dont la réalité est constatée par le diagnostic foliaire) ne dépassent pas la limite d'action de ce pouvoir-tampon ; d'autre part, que le succès d'une fumure complète ne signifie pas que le même résultat ne puisse pas être obtenu par une fumure incomplète appropriée au milieu, puisque la fumure exclusivement azotée l'a obtenu à Malbosc, avec une alimentation que le diagnostic

foliaire montre dégagée des surcharges observées avec les fumures complètes. Quand on a constaté la réussite d'une fumure complète, on peut donc dire qu'elle est suffisante ; on n'est pas en droit de dire qu'elle est nécessaire.

2° — Les conclusions tirées de l'essai de la fumure C ont aussi une portée générale :

a) La fumure complète C apporte exactement la même quantité de potasse que A et B, mais avec moins d'azote. Le diagnostic foliaire a montré que cette fumure C, en dépit de son équivalence potassique avec A et B, a déterminé dans les feuilles une surcharge potassique nettement plus élevée. L'absorption d'un principe fertilisant ne dépend donc pas seulement de sa quantité propre dans la fumure, mais aussi de ses rapports quantitatifs aux autres principes, même si ceux-ci ne sont pas en carence absolue. On n'a donc pas le droit d'établir des conclusions alimentaires en prenant comme variable la quantité d'un seul principe fertilisant apportée au sol. C'est là une des difficultés situées en deçà du diagnostic foliaire et dont la connaissance du diagnostic foliaire permet de se dégager.

b) La teneur 8,2 en potasse, plus élevée dans les feuilles de la parcelle C, que la teneur 7,5 des feuilles des parcelles A et B, a provoqué dans C une baisse de rendement. Nous avons donc encadré la limite supérieure d'action du pouvoir-tampon de la pomme de terre, à l'égard de la surcharge potassique de la feuille, entre les teneurs 7,5 et 8,2 pour 100 de la matière sèche de la feuille prise au moment où les tubercules ne pèsent par pied que 25 à 30 grammes. C'était là un des objectifs de la recherche relatée dans ce chapitre IV. — La teneur 4,5, produite par la fumure N, exclusivement azotée, a été, à Malbosc en 1929, d'ailleurs suffisante, au même âge physiologique, pour obtenir le meilleur rendement. Ces diverses indications définissent des normes intéressantes pour l'interprétation pratique du diagnostic foliaire de la pomme de terre. On voit combien la marge est énorme entre la teneur 4,5, suffisante et la teneur 8,2, qui commence à être déprimante. La nature a imparti à la pomme de terre une large immunité contre l'intempérance potassique. Seulement les parcelles du champ analytique qui ont reçu la potasse sans azote, ainsi que la parcelle C, qui a reçu plus de potasse que d'azote, montrent, par leur rendement affaibli, qu'il ne faut pas amener la pomme de terre enrichie de potasse à pratiquer

simultanément l'abstinence d'azote. Dans notre Premier Mémoire, nous avions reconnu comme caractère d'une meilleure alimentation de la pomme de terre le rapprochement des diagrammes respectifs de la potasse et de l'azote. Nous venons de reproduire, en d'autres termes, la même conclusion.

3° — Le diagnostic foliaire a montré que la non absorption de l'acide phosphorique du superphosphate dans le terrain non chaulé, même à la dose de 600 kilos à l'hectare, provient d'une inhibition dans le milieu constitué par la terre de Malbosc ; mais que le chaulage, provoquant un supplément d'absorption restreint et constant, rompt partiellement cette inhibition, sans d'ailleurs élever nécessairement le rendement. Un tel exemple, joint à celui de la potasse, montre, quand un engrais apporte un excès de principe fertilisant non nuisible au rendement, que le diagnostic foliaire permet de dire si la défense de la culture réside dans le milieu extérieur (inhibition physico-chimique) ou dans l'organisme même de la plante (pouvoir-tampon).

4° — La possibilité des surcharges minérales, soit que le pouvoir tampon les rende inoffensives, soit qu'elles troublent nocivement le rendement, ne permet pas de dire qu'une alimentation globale $K^2O + N + P^2O^5$ supérieure à une autre est toujours plus avantageuse que cette autre. Ces surcharges, dont nous venons de mettre en évidence l'inutilité ou la nocivité, font aussi comprendre que la dominante de composition d'un végétal n'indique pas nécessairement le rapport, aux autres principes, de la dominante de son optimum d'alimentation, ni, par conséquent, la proportion de cette dominante dans la fumure rationnelle.

CHAPITRE V

Fumures complètes où le basiphosphate remplace le superphosphate

En outre des parcelles précédemment étudiées et en contiguïté avec elles, notre expérience de Malbosc en 1929 comportait six parcelles à fumure complète où le superphosphate était remplacé par le basiphosphate : quatre d'entre elles, formant deux couples de parcelles de même fumure, étaient établies sur la terre non chaulée, les deux dernières sur la terre chaulée.

Voici la composition de ces fumures complètes à basiphosphate :

TABLEAU XVIII

Fumures	Parcelles	Potasse du chlorure	Azote du sulf. d'am.	Ac. phosph. du basiphosphate
		kg.	kg	kg.
I	I et IV	200	134	92,4
II	II et III	67	134	277,2

Des parcelles I' et II' ont reçu les mêmes fumures que I et II, mais en terre chaulée.

Un fait cultural a donné à cet essai un intérêt inattendu. Le champ d'expérience faisait partie d'une vaste pièce de terre portant également de la pomme de terre et fumée par l'exploitation du domaine (fumier, scorie). Si l'on se plaçait près du sommet du flanc de coteau que cette pièce occupait tout entier, on pouvait estimer du regard l'aspect de toutes nos parcelles et la pièce entière. On constatait ainsi que :

1° Toutes les pièces sans azote avaient une végétation moins bonne et une couleur vert clair ;

2° Les pièces azotées du champ d'expérience avaient une végétation meilleure et un vert moins clair ;

3° Les pièces ayant reçu le basiphosphate tranchaient sur tout l'ensemble (y compris la pièce attenant à notre champ) par leur beau développement et par la couleur vert foncé des feuilles.

Pendant toute la période de végétation les carrés à basiphosphate se détachaient de loin aux yeux comme des points de tapisserie, témoignant d'un effet spécifique remarquablement favorable sur la pomme de terre dans ce milieu.

Toutes les parcelles ayant reçu la chaux, avec ou sans basiphosphate, avaient moins bel aspect que leurs corrélatifs non chaulés.

Indications fournies par les développements et les rendements. — Nos mesures périodiques sont inscrites dans le tableau XIX.

Ces résultats sont traduits graphiquement dans la partie inférieure de la figure 5.

Sauf dans la parcelle IV, qui paraît avoir subi une perturbation

TABLEAU XIX

Fumures	Parcelles		20 juin	22 juillet	10 août	14 sept.	11 oct
			gr	gr	gr.	gr.	gr.
I	I	Partie aér.	415	455	735	555	»
		Tubercules	20	264	640	840	1925
	IV	Partie aér.	335	600	505	500	»
		Tubercules	25	205	420	710	1575
I + CaO	I′	Partie aér.	145	490	628	478	»
		Tubercules	0	60	206	706	1.940
II	II	Partie aér.	430	610	760	460	»
		Tubercules	50	270	585	610	1935
	III	Partie aér.	315	525	790	490	»
		Tubercules	32	215	575	835	1925
II + CaO	II′	Partie aér.	295	608	616	496	»
		Tubercules	0	78	184	624	2.000

particulière, les développements et les rendements sont très satisfaisants.

Nous retrouvons pour la partie chaulée un fait déjà observé dans les parcelles chaulées précédemment étudiées, à savoir que les tubercules, tout en aboutissant au même rendement élevé, ont au début une croissance plus lente.

Ces mesures du développement et du rendement sont en accord avec l'impression visuelle en ce sens qu'elles reconnaissent aux parcelles à basiphosphate un rendement *très élevé* ; mais elles ne confirment pas l'impression visuelle qui croyait y reconnaître un rendement probablement *plus élevé* que dans les parcelles ayant reçu soit du sulfate d'ammoniaque seulement, soit du superphosphate adjoint à du sulfate d'ammoniaque. L'aspect meilleur de la végétation se réduit donc au vert plus foncé des feuilles, quand on compare les parcelles à basiphosphate aux meilleures parcelles de l'autre partie du champ d'expérience.

Indications fournies par le diagnostic foliaire. — On comprend que, dans un tel cas, le diagnostic foliaire suscite notre curiosité. Il s'est certainement passé quelque chose de particulier dans l'alimentation de ces parcelles à basiphosphate et la question se pose de savoir si l'analyse périodique des feuilles, quand elle ne dose que la chaux, la potasse, l'azote et l'acide phospho-

rique, indiquera un fait de physiologie alimentaire minérale pouvant servir d'explication.

Voici les résultats de nos analyses :

TABLEAU XX

Fumures	Parcelles		29 juin	22 juillet	10 août
I	I	Chaux	4,59	4,38	4,42
		Potasse	7,13	6,58	5,85
		Azote	3,18	3,37	3,40
		Ac. phos.	0,49	0,38	0,28
	IV	Chaux	4,21	4,80	4,94
		Potasse	8,57	7,17	5,39
		Azote	3,56	3,28	3,22
		Ac. phos.	0,47	0,39	0,30
II	II	Chaux	4,24	5,15	5,32
		Potasse	6,28	7.07	5,16
		Azote	3,25	3,22	3,36
		Ac. phos.	0,51	0,40	0,29
	III	Chaux	4,39	5,04	5,17
		Potasse	8,16	6,35	4,91
		Azote	3,68	3,34	3,34
		Ac. phos.	0,47	0,37	0,26
I + CaO	I'	Chaux	4,52	5,36	5,62
		Potasse	8,18	6,88	5,33
		Azote	4,28	3,28	3,40
		Ac. phosp.	0,54	0,43	0,36
II + CaO	II'	Chaux	4,28	5,29	5,71
		Potasse	8,08	6,75	5,25
		Azote	4,30	3,30	2,99
		Ac. phos.	0,58	0,42	0,34

Tous ces résultats sont traduits graphiquement dans la partie supérieure de la figure 5.

L'acide phosphorique, dans ces parcelles à basiphosphate, est en légère augmentation par rapport au témoin du champ analytique ; il est en augmentation un peu plus marquée, par rapport aux parcelles 2-12 à fumure complète C avec superphosphate ; il est en augmentation encore plus marquée dans les parcelles qui ont reçu à la fois chaux et basiphosphate. Mais ces augmentations n'élèvent par le taux d'acide phosphorique des feuilles aux niveaux beaucoup plus élevés que nous avons observés en dehors de Malbosc et les différences paraissent trop faibles pour expliquer la grande différence d'aspect. Par ailleurs, nous avons vu que, dans le champ analytique, la parcelle à azote et potasse sans acide phosphorique est aussi belle que la parcelle à fumure complète. Cet ensemble de faits montre que le meilleur aspect des parcelles à basiphosphate ne paraît pas pouvoir s'ex-

pliquer par une carence notable du milieu en acide phosphorique assimilable pour la pomme de terre, ni par une assimilabilité singulière de l'acide phosphorique du basiphosphate. Nous sommes ainsi prévenus que la supériorité, bien visible, du basiphosphate sur le superphosphate, doit être attribuée à un constituant du basiphosphate autre que la combinaison phosphatée dont il est le véhicule.

Dans les parcelles à basiphosphate, l'azote du diagnostic foliaire nous ramène aux observations déjà faites sur les autres fumures complètes : taux suffisant pour un fort rendement, élévation de l'azote du premier échantillonnage pour les parcelles chaulées, enfin chute plus rapide du diagramme de l'azote dans les parcelles chaulées. Donc rien de caractéristique dans les diagrammes de l'azote pour expliquer la différence d'aspect.

On pourrait penser que l'efficacité particulière du basiphosphate est due à son effet d'aliment calcique basique assurant, dans une terre acide, une plus forte alimentation en chaux. Mais on voit dans la figure 5 que les parcelles à basiphosphate ont des feuilles moins riches en chaux que les parcelles à superphosphate. Ce serait donc à une moindre richesse en chaux qu'il faudrait plutôt attribuer le vert plus foncé des feuilles des parcelles à basiphosphate. Mais, dans le champ analytique, la parcelle témoin et la parcelle à potasse seule (d'ailleurs à rendements relativement faibles) n'ont pas plus de chaux dans leurs feuilles et le vert de ces feuilles n'était pas foncé. Le diagramme de la chaux ne fournit donc pas non plus l'explication cherchée.

Jetons enfin nos regards du côté de la potasse. Nous ne nous arrêterons pas au fait que quatre des parcelles à basiphosphate ont des feuilles dont la richesse commence au-dessus de 8 pour cent de matière sèche, car nous avons vu que, loin d'être avantageuse, cette surcharge tolérée par la plante fait toutefois fléchir un peu le rendement, le rendement le meilleur pouvant se présenter à moins de 7 pour cent (parcelles N, 8 et 18).

Mais il y a dans les diagrammes de la potasse un fait saillant : c'est la discordance des diagrammes des deux parcelles homologues, aussi bien de I et IV que de II et III. Une telle discordance n'entraîne par elle-même aucune conclusion : c'est une défaillance expérimentale. Mais, comme elle se répète deux fois et qu'elle ne s'est présentée que dans les couples à basiphosphate, on est conduit à penser qu'il réside, peut-être, une cause de per-

turbation, ici capricieuse, de l'absorption de la potasse ; sans que les parcelles qui en sont l'objet paraissent en souffrir, puisqu'elles présentent le beau vert foncé des feuilles. Tout se passe donc comme s'il y avait intervention irrégulière d'un élément susceptible de remplacer, partiellement et à l'occasion, la potasse. Ce que nous verrons plus loin concernant le remplacement réciproque de la potase et de la chaux donne toute vraisemblance à cette hypothèse.

Nous devons naturellement chercher dans le basiphosphate cet élément de remplacement de la potasse. Or le basiphosphate contient précisément 12 pour cent de soude à l'état soluble. Serait-ce cette soude qui, dans des conditions variables, ferait le vicariat de la potasse ? En vérité, si ce n'est pas impossible, empressons-nous de dire que nos expériences n'en apportent aucune preuve.

Considérons maintenant l'alimentation globale $K^2O + N + P^2O^5$. Evidemment l'alimentation globale est fortement modifiée dans les parcelles I et II, qui présentent pour la potasse l'allure aberrante dont nous venons de parler. Inscrivons donc seulement dans le tableau leurs homologues de même fumure, qui ont un diagramme normal de potasse.

Tableau XXI

Fumures	Parcelles	29 juin	22 juillet	10 août
I	IV	12,60	10,84	8.91
II	III	12,31	10,06	8,51
I + CaO	I'	13,00	10,59	9,09
II + CaO	II'	12,96	10,47	8,58

Le chaulage de la terre a augmenté l'alimentation globale $K^2O + N + P^2O^5$ quand il est intervenu avec la fumure complète à basiphosphate ; néanmoins le fait s'est produit avec moins d'intensité que lorsque le chaulage est intervenu avec la fumure complète C à superphosphate. En d'autres termes, la fumure complète à basiphosphate sans chaulage préalable réalise déjà, par ses 40 °/₀ de chaux qualifiée active, une partie de l'effet de surconsommation que produit le chaulage à 2000 k de chaux à l'hectare. Les indications du diagnostic foliaire sont, à cet égard, en parfait accord avec la nature du basiphosphate.

Il n'y a d'ailleurs dans cette surconsommation en $K^2O + N + P^2O^5$ aucune raison apparente du vert foncé des feuilles, puisque le chaulage produit cette surconsommation sans intervention du basiphosphate et sans que les feuilles prennent un vert plus foncé.

Voici la garantie commerciale du basiphosphate que nous avons sous les yeux :

23 à 24 pour cent d'acide phosphorique total, dont 22 d'acide phosphorique soluble au citrate d'ammoniaque alcalin ;
40 de chaux active (sous forme de phosphate et silicate) ;
1 de potasse (silicate) ;
1 de magnésie ;
12 de soude Na^2O ;
10 de silice sous forme dissociable) ;
3 de soufre.

A l'analyse, 80 kg. sur cent se solubilisent dans le citrate d'ammoniaque alcalin (notamment la chaux, la potasse, la magnésie, la soude, le soufre, en dehors de l'acide phosphorique).

Il est clair qu'un tel engrais peut, à l'égard des végétaux, mettre en jeu autre chose que l'acide phosphorique. Nous avons indiqué la soude ; il n'est pas impossible que la silice soluble joue un rôle dans le phénomène de verdissement des feuilles, ou même la petite dose de magnésie.

Quoi qu'il en soit, nous n'avons pas l'explication expérimentalement fondée du phénomène de végétation qui frappait si vivement le regard.

A coup sûr, il n'y a aucun agrément à se buter à un point d'interrogation. Mais, au moment où nous en sommes de notre exposé du diagnostic foliaire, cette conjoncture n'est pas pour nous déplaire : elle nous incite à l'examen critique de cette méthode.

La définition que nous avons donnée du diagnostic foliaire, à savoir « composition chimique de la feuille » ne limite pas les dosages aux quatre principes dosés ici par nous : chaux, potasse, azote, acide phosphorique. Si donc, dans bien des cas, le dosage de ces quatre principes peut, comme nous l'avons vu, suffire à caractériser un mauvais équilibre alimentaire, on peut concevoir d'autres cas (et celui que nous examinons en ce moment en est un) où d'autres principes doivent être dosés : magnésie, soude, silice, etc. Peut-être même ne pourra-t-on pas établir de doctrine d'alimentation rationnelle des végétaux sans recourir

constamment à un assez grand nombre de principes. Il ne faut pas exclure non plus les ressources indicatives de certains états de composition, de certains principes organiques. Si, dans nos premières études de diagnostic foliaire, nous nous sommes limités à quatre principes, c'est parce que ces quatre principes font partie des engrais et amendements dont nous voulions étudier les effets sur les plantes cultivées et aussi parce que des travaux de première investigation doivent toujours limiter leurs prétentions, sous peine de n'aboutir à rien.

En conséquence, si un chimiste, prenant inconsidérément cette limitation pour règle, ne trouvait pas dans ce diagnostic foliaire restreint l'explication qu'il cherche, il n'en devra pas conclure que la méthode du diagnostic foliaire est insuffisante, mais simplement qu'il en fait une application insuffisante.

Aussi bien ne doit-on pas passer sous silence le service que rend le diagnostic foliaire lorsque, dans un cas comme celui que nous étudions, cette méthode élimine des causes vraisemblables *a priori*, en fournissant la réponse négative de la plante. Ainsi, dans notre expérience avec basiphosphate, ce dernier a donné, par rapport au superphosphate et dans les mêmes conditions, des plantes plus belles d'aspect : tout observateur superficiel conclurait que l'acide phosphorique du basiphosphate, mieux assimilé que celui du super, enrichit davantage la plante en cet aliment et que cet enrichissement est la cause de l'amélioration végétale. L'analyse de la feuille ne permet pas de conserver cette explication, ou oblige tout au moins à la faire porter sur des augmentations d'acide phosphorique très minimes par rapport à celles que d'autres milieux peuvent produire. Bref, le problème, quoique non résolu, voit, grâce au diagnostic foliaire, disparaître de fausses solutions ; et c'est là une acquisition scientifique,

Conclusions du chapitre V. — Nous arrivons aux conclusions suivantes :

1° Le basiphosphate s'est révélé, par l'aspect des cultures et par un excellent rendement, comme un engrais spécifiquement favorable à la pomme de terre dans le sol de Malbosc en 1929.

2° Le diagnostic foliaire élimine l'hypothèse d'un enrichissement beaucoup plus marqué des feuilles de cette pomme de

terre en acide phosphorique ou en chaux par le basiphosphate comparé au superphosphate.

3° Le diagnostic foliaire réduit à la chaux, la potasse, l'azote et l'acide phosphorique ne suffit pas à expliquer le fait cultural d'un bien meilleur aspect des pommes de terre dans les carrés à basiphosphate. Il conviendrait sans doute de complèter l'analyse des feuilles par le dosage de la soude, de la magnésie, de la silice et du soufre.

CHAPITRE VI

Comparaison des résultats de Montpellier 1928 avec ceux de Malbosc 1929

Le moment est venu de confronter les résultats de Montpellier 1928 avec ceux de Malbosc 1929.

L'intérêt de cette comparaison tient à ce qu'elle va mettre en relief la variabilité chimique de la pomme de terre, la plasticité chimique de l'espèce végétale.

Différences entre ces deux cultures. — Rappelons les différences qui distinguent ces deux cultures et qui conditionnent la logique de cette comparaison.

1° *La variété cultivée n'est pas la même.* — A Montpellier 1928 nous avons planté l'Early rose ; à Malbosc 1929 la Royal Kidney. Dans le présent Mémoire, nous ferons abstraction de cette différence de variétés ; non pas qu'il soit, à notre avis, correct de négliger la différence de variétés ; mais la marche de nos travaux ne contient pas encore d'expérience méthodique consacrée à l'étude des différences variétales quant au chimisme, dans un même milieu, d'une feuille prise en place déterminée ; en sorte que, dans le présent Mémoire, nous négligeons ces différences. — A vrai dire, le choix des variétés et par suite la continuité de culture d'une même variété avec nos semences renouvelées ont rencontré, dans notre région exclusivement viticole, beaucoup d'obstacles : non seulement nous n'avons pas eu les variétés désirées, mais les semences nous sont toujours arrivées avec un retard très dommageable à nos cultures. — Donc, sans qu'il entre aucunement dans notre esprit d'en faire une

règle, nos diverses variétés sont pour nous « de la pomme de terre » sans distinction variétale. Au surplus, la sécurité actuelle de ce raisonnement trouve une suffisante garantie dans le fait que la Royal Kidney cultivée à Montpellier en 1929 a, comme nous le montrerons ultérieurement, présenté, par rapport à la Royal Kidney de Malbosc 1929, les essentielles divergences alimentaires dont nous ferons état ici en comparant à cette même Royal Kidney de Malbosc 1929 l'Early rose de Montpellier 1928 de notre premier Mémoire

2° *L'année de culture n'est pas la même.* — D'ailleurs, l'année fût-elle la même, le climat de Montpellier diffère tellement du climat des Cévennes que l'on ne peut y considérer les conditions du milieu atmosphérique comme équivalentes. La culture de Royal Kidney à Montpellier en 1929 n'est pas plus comparable à celle de Royal Kidney à Malbosc 1929 que ne lui est comparable la culture d'Early rose de Montpellier de 1928. Nous voulons dire que, en prenant dans ces deux terrains la même variété et la même année, le changement de sol n'est pas seul mis en question, puisque les conditions météorologiques diffèrent considérablement.

3° Enfin *les sols sont très différents.* — Celui de Montpellier est argilo-silico-calcaire ; celui de Malbosc est siliceux, un peu battant, humifère et acide. Dans notre premier Mémoire, nous avons décrit le sol de l'enclos de la Station de Montpellier. Nous décrirons également (chapitre VII) le sol de Malbosc. Mais ce dont il s'agit, en ce moment, ce n'est pas tant de connaître la relation entre la nature du sol et la nature de l'alimentation de la pomme de terre, que de savoir dans quelle mesure la pomme de terre peut présenter, quelle qu'en soit la cause, des variations dans son mode d'alimentation.

Voici donc le problème expérimental qui s'offre à notre attention : Deux variétés de pommes de terre sont cultivées dans deux champs d'expérience établis de manière identique sous des climats très différents et sur des sols très différents : quelles différences a-t-on observées entre les modes d'alimentation de ces deux cultures de pommes de terre? En d'autres termes, le sujet de notre étude est la plasticité chimique de la feuille de la pomme de terre, c'est-à-dire l'examen, à travers les tendances spécifiques et sous les modalités climatiques, de l'ingérence physiologique du milieu chimique. Les agronomes ont eu, jusqu'à

ce jour, une telle tendance à faire de toute espèce végétale cultivée un type physiologique unique ou tout au moins pratiquement constant quant aux rapports physiologiquement réalisés entre les divers constituants minéraux de cette espèce, qu'il est essentiel de soumettre à l'expérience une conception aussi simpliste ; et nous allons voir qu'elle est complètement erronée.

Il suffit, pour cette démonstration, d'évoquer une partie seulement des matériaux rassemblés dans nos deux premiers Mémoires. Toutes les comparaisons qui vont suivre sont uniquement fondées sur les résultats obtenus, d'une part, dans le champ analytique de Malbosc 1929, d'autre part, dans le champ analytique de Montpellier 1928. Les résultats numériques sont relatés dans le Chapitre II du présent mémoire pour Malbosc ; ils ont été donnés, pour ce qui concerne Montpellier, dans notre premier Mémoire. Nous reproduisons ici, en face l'une de l'autre, la figure 1 de Malbosc et, sous l'indice figure 6, les graphiques 1, 2, 3, 4 de Montpellier, condensés en une seule page. On pourra suivre sur ces deux pages de graphiques tout ce qui va être exposé dans le présent chapitre.

Comparaison des rendements. — Les rendements en tubercules ont varié à Malbosc dans le champ d'expériences analytique, entre 1 kg. 450 et 2 kg. 120 par pied. A Montpellier, avec le même écartement et les mêmes engrais, les rendements en tubercules ont varié de 0 kg. 335 à 0 kg. 670. Nous allons expliquer cette énorme différence.

Comparaison des développements. — Cette différence de rendement entre Malbosc et Montpellier n'exclut pas toute analogie entre les deux développements. Si l'on porte son attention sur les premiers mois de végétation de la pomme de terre dans les deux champs, l'on constate que de mai à juillet la croissance de la plante y est fort comparable. Ce qui entraîne par la suite une grosse différence, c'est qu'en juillet la culture de Montpellier est totalement arrêtée par la sécheresse et l'élévation de température du sol, tandis que le développement de la plante continue à Malbosc dans des conditions normales d'humidité et de température jusqu'en octobre ; il continue d'abord sans changer beaucoup d'allure, en sorte que le poids de feuillage et de tubercules garde encore à Malbosc, jusqu'en septembre, un ordre de grandeur comparable à celui auquel il s'est arrêté à Montpellier en juillet ; le développement continue ensuite à Mal-

bosc à une allure toute différente, l'épuisement de la partie aérienne et la formation accélérée des tubercules aboutissant, pendant l'intervalle de temps qui sépare le 14 septembre du 11 octobre, à la constitution des deux tiers de la récolte. Nous devons donc considérer, sous le point de vue du développement, la culture de Montpellier comme écourtée de toute cette dernière phase, celle qui correspond à la croissance principale des tubercules. Il n'est pas douteux que si nous avions pu pratiquer à Montpellier un arrosage susceptible de maintenir dans le sol une humidité convenable, nous eussions obtenu une récolte bien supérieure à celle que nous avons enlevée, sans qu'on puisse naturellement dire *a priori* qu'elle eût atteint celle de Malbosc. L'arrêt de développement à Montpellier dès juillet et la faible récolte qui en résulte n'excluent donc pas, comme on le voit, l'analogie des deux cultures pour les phases antérieures à la dernière.

Le bénéfice de cette remarque consiste en ce fait que pour les deux champs d'expérience, les développements initiaux des feuillages qui ont fourni les échantillons d'analyse restent comparables et que la comparaison des diagnostics foliaires, en dépit de la différence des rendements, porte sur deux développements foliacés normaux; ce qui, comme nous allons le voir, n'empêche pas qu'ils soient chimiquement très différents.

Comparaison des diagnostics foliaires. — Par le simple aspect de deux pieds de pomme de terre poussés, l'un à Montpellier en terre argilo-silico-calcaire, l'autre dans les Cévennes en terre siliceuse acide, on n'aurait pas la notion d'une différence qualitative essentielle. C'est seulement par l'analyse chimique que cette différence qualitative est révélée ; et il importe ici de montrer que le test diagnostic foliaire est explicite à cet égard.

Un coup d'œil d'ensemble jeté sur les deux figures 1 et 6 suffit pour s'en rendre compte.

Potasse et chaux. — A Montpellier, terre argilo-silico-calcaire, la dominante de la feuille est la chaux pour toutes les parcelles. A Malbosc, terre siliceuse, la dominante de la feuille est la potasse pour toutes les parcelles. Cette inversion est très frappante quand on confronte les deux clichés relatifs aux deux champs d'expériences analytiques.

Ancienne théorie de la substitution des bases. — Comme un fait aussi massif ne pouvait passer inaperçu, les chimistes l'ont

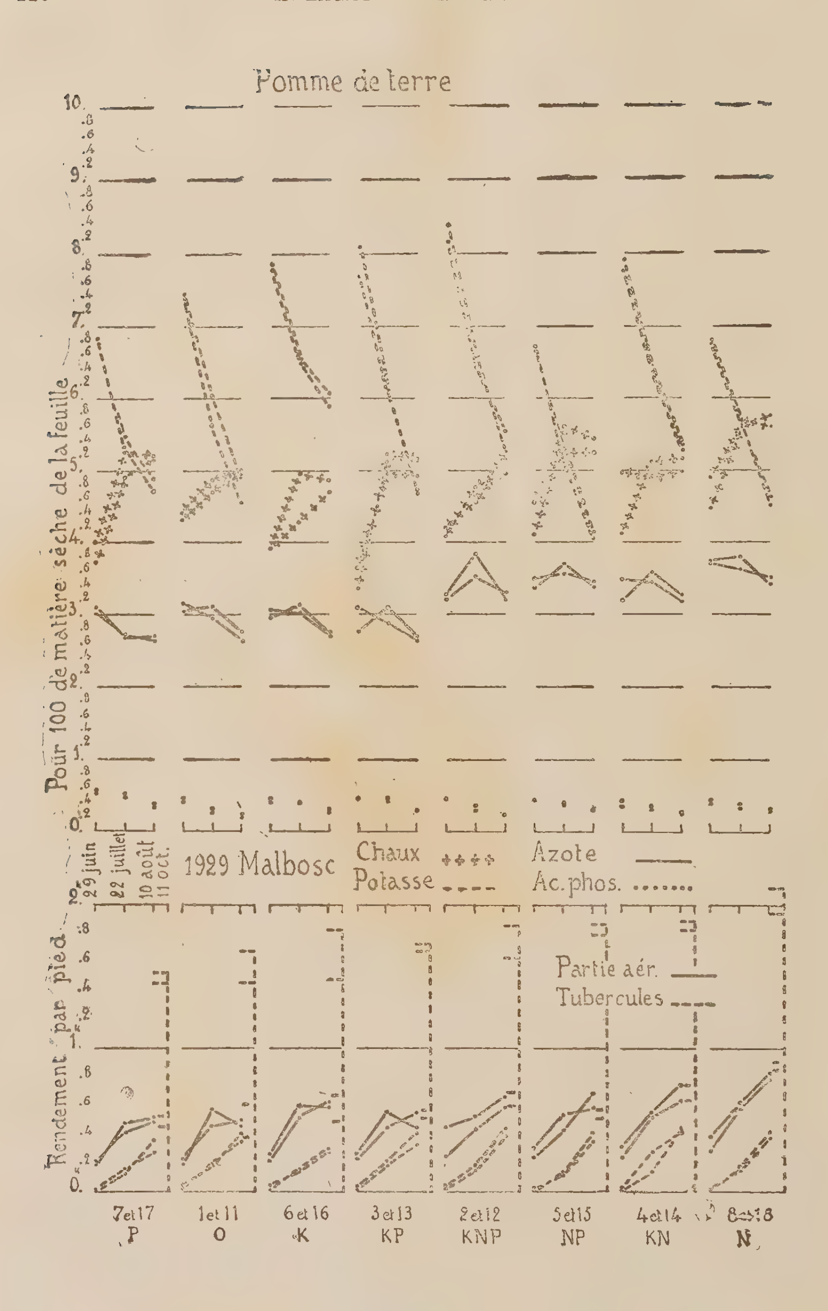

Pomme de terre
Pour 100 de matière sèche de la feuille
Rendement par pied
29 juin
22 juillet
10 août
11 oct.
1929 Malbosc
Chaux ++++
Potasse
Azote
Ac. phos.
Partie aér.
Tubercules
7 et 17 P
1 et 11 O
6 et 16 K
3 et 13 KP
2 et 12 KNP
5 et 15 NP
4 et 14 KN
8 et 18 N

Fig. 6

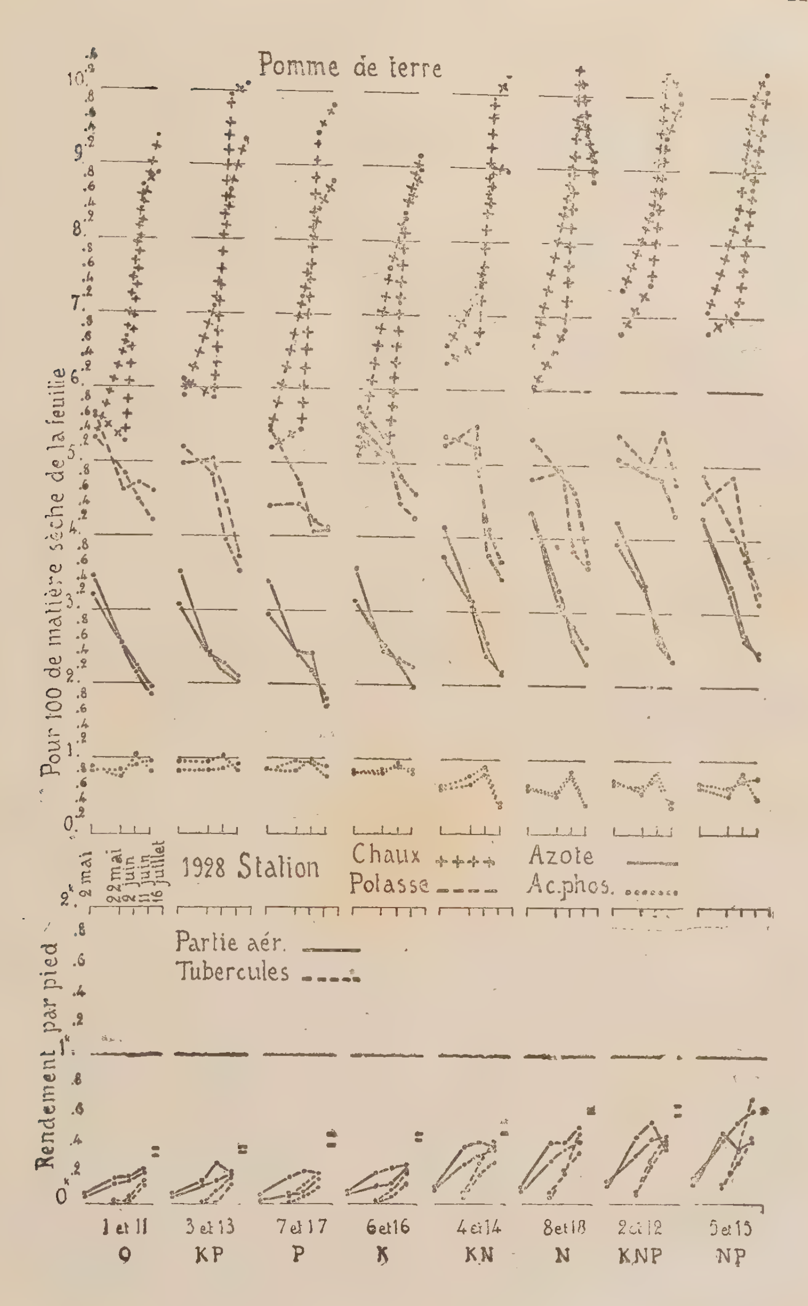

Pomme de terre
Pour 100 de matière sèche de la feuille
1928 Station
Chaux ++++
Potasse ----
Azote ——
Ac.phos. ......
2 mai
22 mai
2 juin
11 juin
16 juillet
Partie aér. ——
Tubercules ----
Rendement par pied
1 et 11
O
3 et 13
KP
7 et 17
P
6 et 16
K
4 et 14
KN
8 et 18
N
2 et 12
KNP
5 et 15
NP

Fig. 7

signalé depuis longtemps chez diverses plantes, et nous aurions garde de le mentionner comme nouveau. Liebig (1) écrivait : « Des variations dans les proportions de potasse, de chaux, de magnésie, s'observent fréquemment dans toutes les plantes telles que le tabac, la vigne et le trèfle, où la chaux peut être remplacée par la potasse ou bien celle-ci par la chaux. Mais, en pareil cas, à un accroissement de l'un de ces éléments, comme la chaux, correspond toujours une réduction d'un autre élément, la potasse, par exemple, et *vice versa.* »

Liebig (2) rattachait ces remplacements mutuels de bases à l'idée d'une production fixe d'acidité par le végétal, acidité que les bases avaient pour rôle de neutraliser. Il dit, notamment : « Comme il n'y a pas de raison qui nous autorise à croire que la plante, en se développant librement, produise une plus grande quantité d'acide particulier qu'il ne lui en faut précisément pour son existence, il est naturel qu'une plante, quelle que soit la nature du sol, contienne toujours une quantité constante et invariable de base alcaline. Pour bien éclaircir ce point, il est à peine nécessaire de rappeler que toutes les bases alcalines peuvent se remplacer dans leur manière d'agir. Notre conclusion ne se trouve aucunement modifiée lorsqu'une certaine base se rencontre dans un individu tandis qu'elle manque dans un autre de la même espèce. D'après cela, le nombre des équivalents de ces bases restera invariable, et la quantité d'oxygène de toutes les bases alcalines prises ensemble devra rester la même dans toutes les circonstances, quelles que soit la composition du terrain où vient la plante. »

On voit, d'une part, que Liebig n'admettait pas dans les rapports de tous les constituants minéraux d'une espèce végétale, cette fixité qu'on s'est plu à affirmer après lui sous le nom de « Loi du minimum de Liebig ». On voit, d'autre part, qu'il admettait une constance du nombre des équivalents des bases. Mais les faits récemment publiés par M. Emile Saillard (3) contredisent, en ce qui concerne la bettorave, aussi bien cette dernière constante que les autres. « Toutes les influences, dit M. E. Saillard, qui agissent sur la variabilité des individus agissent aussi sur la variabilité des exigences de la betterave à

(1) *Lois naturelles de l'agriculture*, t. II, chap. XII, p. 1864.
(2) *Chim. Appl. à la physiol. vég. et à l'agr.*, 1884, chap. VII, p. 94.
(3) *C. R. Ac. Sc.*, 1931, t. 192, p. 505.

sucre. » C'est exactement à la même conclusion qu'ont abouti depuis dix ans toutes nos recherches sur le diagnostic foliaire de la pomme de terre et de la vigne.

Restons-en donc au fait brut, à savoir que, poussant dans des milieux différents, deux plantes de même espèce présentent des chimismes différents et que, notamment dans la feuille, l'une peut avoir la chaux comme constituant minéral dominant, l'autre la potasse.

Point de vue chimique et point de vue physiologique. — Il convient, au surplus, de signaler les différences profondes qui séparent le point de vue où se sont placés à cet égard Liebig et ses successeurs, P. Champion et Pellet (1), Geschwind et Sellier (2) du point de vue où nous nous plaçons nous-mêmes.

Première différence. Prenant la plante comme une donnée statique, les chimistes que nous venons de citer l'étudient en fin de végétation Comparant deux échantillons de cendres, ils y constatent des substitutions de bases et les mesurent comme ils les mesureraient dans deux mélanges minéraux donnés. Mais au physiologiste, observateur du fonctionnement et de la croissance du végétal, et aussi à l'agriculteur, fabricant de la plante à partir de la semence, le problème se pose tout autrement : il s'agit surtout de connaître la suite des transformations qui aboutissent à cet état final, si arbitrairement isolé par ces chimistes. Comme agronomes, le point d'arrivée du train de transformations chimiques nous intéresse moins que son trajet, au cours duquel nous voulons intervenir à temps. A supposer que les « exigences spécifiques » fussent constantes (et elles ne le sont pas), c'est dans le processus qui y aboutit que résiderait l'intérêt technique. Et c'est précisément ce qui nous occupe quand nous établissons le diagnostic foliaire annuel.

Deuxième différence. Quelle sorte d'acquis pouvaient bien envisager Liebig et ses disciples quand, indépendamment d'ailleurs de la constance dans la somme des bases, ils constataient que « la chaux peut être remplacée par la potasse et celle-ci par la chaux », c'est-à-dire que dans l'organisme végétal, à une acidité donnée s'offrent, interchangeables, ces deux bases suivant leur équivalence chimique, la base manquante étant

(1) *C. R. Ac. Sc.*, 1875, 1876, 1880.
(2) *La betterave agricole et sucrière*, 1902.

remplacée par une autre *possédant le même mode d'action* ». Il semble bien que c'est une identification physiologique des deux bases qu'ils voulaient exprimer et que, s'ils ont passé sous silence les états d'équilibre antérieurs à celui qu'ils étudiaient, c'est qu'ils admettaient implicitement que les mêmes rapports entre constituants minéraux s'y inscrivaient aussi. Sans cette arrière-pensée, pourquoi s'en seraient-ils tenus à l'analyse des cendres en fin de végétation? Enclin à ne point envisager l'être vivant et ses réactions propres, l'esprit d'un chimiste peut se satisfaire de cette réduction *a priori* d'un fait physiologique à un fait de pure substitution chimique, équivalent pour équivalent. Mais c'est là un dangereux sophisme ; et l'agronomie, qui doit tant à l'habileté analytique des chimistes, a trop souvent, par les simplifications hâtives de l'esprit de laboratoire, été détournée de son domaine propre, qui est l'examen critique de la *vie* végétale en vue de son exploitation technique. Une donnée aussi complexe que la machine vivante de synthèse organique qu'est le végétal est sans doute susceptible d'être en fin de compte décrite en faits chimiques ; mais on n'a pas le droit de méconnaître le dynamisme qui les engendre, le même d'ailleurs qui, à partir d'un même milieu nutritif, engendre la forme propre à chaque individu végétal. Opposée à la simplification des chimistes, notre attitude logique en face du problème qui nous occupe, à savoir le remplacement de la chaux par la potasse et *vice versa*, peut se définir d'un mot : il ne s'agit point d'une substitution chimique, mais d'un *vicariat physiologique :* ce n'est pas du tout la même chose, et les faits comparés dans la feuille de pomme de terre à Montpellier et à Malbosc vont illustrer cette distinction essentielle.

Le vicariat physiologique chaux-potasse. — Revenons donc aux fig. 1 et 6 confrontées, et reprenons notre première observation, à savoir que dans la feuille de pomme de terre c'est la chaux qui domine à Montpellier, tandis que c'est la potasse qui domine à Malbosc. L'idée d'une simple substitution chimique partielle de l'une de ces bases à l'autre ne résiste pas un instant à l'aspect de leurs diagrammes respectifs. A Montpellier comme à Malbosc, la chaux augmente dans la matière sèche de la feuille à mesure que la feuille vieillit, tandis que la potasse diminue : le rapport CaO/K^2O évolue en augmentant continuellement.

Peut-on concevoir une tendance vitale unique, utilisant pour sa satisfaction les deux milieux si différents de Montpellier et de Malbosc, et les deux diagnostics foliaires si différents qu'ils provoquent ? Question que l'on ne peut pas éluder si l'on reconnaît dans l'espèce végétale une tendance physiologique à réaliser un être déterminé. Cette tendance unique est d'ailleurs comprise implicitement dans le terme même d'action *vicariante*, si communément introduit par les faits dans le langage des physiologistes : à quoi servirait, en effet, une aide occasionnelle, s'il n'y avait pas à atteindre un but déterminé ?

Admettons, par exemple, que le but à atteindre par l'évolution vitale de la feuille soit une alcalinité croissant avec l'âge. Cet appel à une cause finale n'a pour nous aucun autre fondement qu'un fait général d'observation statistique : les feuilles âgées des végétaux sont toujours plus riches en bases que les jeunes feuilles ; elles sont, en particulier, toujours plus riches en chaux.

Si, dans ces conditions qui écartent toute insinuation métaphysique, nous empruntons le langage téléologique, nous dirons que, dans la terre très calcaire de Montpellier, c'est conformément à cette tendance que la feuille de la pomme de terre absorbe et retient des doses croissantes et finalement très importantes de chaux ; c'est par ce moyen que dans ce milieu le but physiologique est atteint.

Dès lors, qu'arrivera-t-il si, avec la même tendance à une alcalinisation finale de la feuille, la plante se trouve, comme à Malbosc, dans un milieu acide ne lui offrant la chaux qu'à dose trop faible, et à absorption trop difficile ? — Inutile, bien entendu, de chercher une réponse *a priori*, construite selon notre logique humaine ; voyons ce que fait la plante. — Elle aboutit encore dans ce cas à des feuilles finalement riches en alcali en utilisant, à cet effet, une dose plus élevée de potasse. Mais la potasse diminue dans la feuille avec l'âge : qu'à cela ne tienne, il suffira au végétal d'incorporer dès le début à la matière sèche de la feuille une dose de potasse bien plus élevée, ce que le sol permet et ce que le végétal réalise plus facilement encore quand on a apporté au sol un engrais à potasse soluble ; si bien que, tout en diminuant avec l'âge de la feuille, la potasse termine son évolution dans Malbosc, terre acide, au taux même où elle la commençait à Montpellier, terre calcaire.

Tel nous apparaît, pour les actes physiologiques attachés à l'alcalinisation progressive de la pomme de terre, le vicariat chaux-potasse.

Nous pouvons maintenant esquisser une réponse à la question suivante, énoncée au chapitre III : Si l'important supplément de potasse, accepté par la plante sans en pâtir sensiblement, ne sert pas à augmenter le rendement, à quoi sert-il ? — Il sert, semble-t-il, à parer dans toute la mesure possible à la carence de la chaux pour l'évolution alcaline des feuilles. Et il est probable que, dans un millieu privé à la fois de potasse et de chaux, la feuille souffrirait au point de ne pas accomplir son rôle à l'égard des nouveaux tissus, à moins qu'une troisième base, la soude ou la magnésie par exemple, devînt à son tour vicariante dans ce simple rôle d'enrichissement alcalin de la feuille.

Azote. — Du seul fait que passant de Montpellier à Malbosc, la pomme de terre inverse massivement la potasse et la chaux dans ses feuilles, il résulte que le rapport de l'azote, soit à la potasse, soit à la chaux, est profondément modifié. Mais il ne semble pas que, ni dans l'une ni dans l'autre de ces stations, les variations de la teneur en azote des feuilles sous l'influence des engrais aient une corrélation marquée avec les variations de la potasse. Il en est autrement quand on considère simultanément les variations de l'azote et les variations de la chaux. Nous avons vu que, dans les deux champs d'expérience analytiques, les huit fumures, dont quatre sont sans azote et quatre avec azote, déterminent huit diagnostics foliaires dont quatre sont plus pauvres en azote et quatre plus riches ; on le voit nettement sur les figures 1 et 6. A Montpellier, simultanément et d'une manière très évidente, les quatre parcelles plus riches en azote sont aussi plus riches en chaux ; le doublement des parcelles donne à ce fait une confirmation satisfaisante. A Malbosc, un phénomène analogue s'observe aussi, mais plus attenué, comme il est naturel dans un sol où la chaux est très rare et fort peu mobilisable. Ces deux observations nous amènent à dire que le sulfate d'ammoniaque exalte l'absorption de la chaux par la feuille de la pomme de terre. Nous ne pouvons analyser davantage ce phénomène ; mais il se pourrait qu'il y eût intérêt à l'étudier plus avant.

Les deux figures 1 et 6 nous montrent qu'à Malbosc, aussi bien qu'à Montpellier, la teneur en azote correspond au meilleur

développement de la pomme de terre quand elle dépasse 3 pour cent de la matière sèche de la feuille.

La différence des allures des diagrammes de l'azote, très obliques à Montpellier, presque en palier à Malbosc, est très frappante. Rappelons qu'à Malbosc ces diagrammes deviennent aussi très obliques quand on chaule le terrain. Par anticipation sur notre troisième Mémoire, nous pouvons ajouter qu'à Montpellier, en 1930, il a encore été très oblique. Il nous est difficile de dire, d'après ces seules observations, si l'acidité du sol correspond toujours dans la feuille à un diagramme d'azote en palier et si l'abondance de chaux entraîne un diagramme rapidement retombant. Mais la question peut-être posée.

Acide phosphorique. — Dans les figures 1 et 6, l'acide phosphorique offre aussi au regard des différences frappantes. Tandis qu'à Malbosc il assure les plus hauts rendements avec des teneurs qui dépassent à peine dans la feuille 0,4 pour cent de matière sèche, nous le voyons à Montpellier osciller entre 0,8 et 1 dans les parcelles les moins productives et prendre dans les parcelles les plus productives une teneur capricieusement variable, mais en moyenne inférieure aux teneurs précédentes. Nous avons essayé, dans notre premier Mémoire, d'expliquer le maximum présenté par ces quatre dernières parcelles et nous n'avons pas à y revenir.

A Montpellier, l'abaissement moyen de l'acide phosphorique est nettement corrélatif à l'accroissement moyen de l'azote dans la feuille : l'effet de frein de l'acide phosphorique sur l'absorption de l'azote peut donc être reconnu dans l'expérience de Montpellier. Il se présente encore, mais très atténué, dans le champ d'expérience analytique de Malbosc, les quatre parcelles à feuilles plus riches en azote ayant ces feuilles légèrement moins riches en acide phosphorique.

D'autres résultats, qui seront ultérieurement publiés, signalent pour l'acide phosphorique des teneurs bien supérieures à 1.

Tenter une interprétation systématique de résultats aussi variés nous paraît une tâche encore prématurée. Mais ils établissent en tout cas la plasticité singulière de la feuille de la pomme de terre à l'égard de sa teneur en acide phosphorique, avec cette remarque imprévue que, pour les cas observés, c'est aux feuilles les moins riches en acide phosphorique que correspondent les plus forts rendements.

Conclusions du chapitre VI. — Convenons de dire qu'à l'égard des végétaux les alimentations minérales d'un organe déterminé pris dans différents individus sont *de même qualité*, lorsqu'elles sont, aux mêmes époques physiologiques, constituées par les mêmes éléments minéraux pris dans les mêmes rapports dans la matière sèche.

Il serait évidemment très laborieux d'établir le fait de ces alimentations de même qualité, puisque l'on devrait tenir compte de tous les éléments minéraux décelés dans l'organe : on sait, en effet, que la liste en est longue quand on ne néglige pas ceux qui se présentent en très faible proportion, ce qui ne veur pas dire en proportion négligeable. Et, en vérité, rencontrerait-on de telles identités ?

Par contre, même quand on ne dose qu'un petit nombre d'éléments, ce qui est notre cas lorsque nous ne dosons dans une feuille que la chaux, la potasse, l'azote et l'acide phosphorique, on peut constater une variation importante des rapports mutuels de ces éléments et s'assurer ainsi du fait que les alimentations minérales d'un organe déterminé, pris à la même époque physiologique dans deux individus différents, ne sont *pas de même qualité*.

C'est ce fait que nous avons établi : 1° Dans notre premier Mémoire et dans les précédents chapitres du présent travail, en comparant les alimentations minérales d'une feuille prise en place déterminée sur des végétaux différemment fumés, vivant dans un même sol ; 2° Dans le présent chapitre, en comparant les alimentations minérales de cette même feuille dans deux cultures recevant les mêmes fumures, mais vivant dans deux sols différents. En changeant les engrais ou en changeant les sols, on ne change donc pas seulement la quantité des aliments minéraux, on change la qualité de l'alimentation minérale ; et c'est en bonne partie pour cette raison qu'en des milieux différents, la même espèce végétale peut présenter des développements si différents.

Il eût été intéressant de savoir si, avec ces chimismes différents de la feuille en terre calcaire et en terre non calcaire, les tubercules ont des compositions différentes : lacune prévue de notre recherche actuellement bornée au diagnostic foliaire dans ses relations avec le rendement. Mais on voit qu'une inter-

prétation complète du diagnostic foliaire requerrait l'analyse des tubercules.

Si, en se fondant exclusivement sur les résultats expérimentaux de nos deux premiers mémoires, l'on cherche à se faire une conception de l'alimentation minérale des végétaux, on arrive aux conclusions suivantes :

1° La qualité de l'alimentation minérale d'un végétal subit l'influence du milieu nutritif ; par exemple passant d'un sol où la chaux domine la potasse à un sol où la potasse domine la chaux, nous voyons la feuille subir la même inversion. Et cette inversion est produite sans qu'il y ait véritablement carence de potasse dans la terre calcaire, puisque les engrais potassiques y ont été sans effet, ni carence dirimante de chaux dans la terre acide, puisque le chaulage y a été sans utilité marquée. Nous voulons dire par là que le végétal a changé son tableau d'alimentation simplement parce que le milieu a changé le tableau de son offre ; le végétal répond au milieu avec *sensibilité*, sans contrainte très sévère.

2° Quand il se produit une variation de rapport entre constituants analogues, par exemple entre deux bases, on n'en doit pas conclure à une simple substitution d'une base à l'autre. La plante cède à la variation du milieu, mais en utilisant chacune de ces bases *à sa manière*, c'est-à-dire en conservant les allures respectives qui conviennent au mode opératoire physiologique de la feuille.

L'alimentation végétale, telle que nous venons de l'observer, est donc la résultante de deux dynamismes distincts : celui du milieu et celui qui, tout en empruntant toutes ses énergies au milieu, appartient en propre à l'être vivant.

Si l'on pouvait en cette matière user d'une image, nous comparerions volontiers la marche alimentaire du végétal à la navigation d'un voilier effectuant une traversée vers un port déterminé : dans un milieu qui est la source de toutes les énergies d'action et de réaction, le navire tire parti des unes et s'accommode des autres ; à travers mille vicissitudes, il accomplit *son* voyage tant que les énergies utilisables ne tombent pas en carence, tant que les énergies à vaincre ne prennent pas une intensité excessive ; le mouvement dirigé se poursuit en perpétuel équilibre constamment variable, réalisé à chaque instant selon les manières propres au type du navire.

L'énoncé suivant résume cette conception de l'alimentation minérale :

Le végétal est un système en « équilibre physiologique » avec son milieu tout entier ; cet équilibre est en continuel déplacement, non seulement par spontanéité de croissance du végétal et évolution consécutive de ses besoins, mais aussi par spontanéité de ses réactions physiologiques en face de chaque vicissitude nouvelle provenant des habituelles variations physiques et chimiques du milieu.

Quelle est, de deux alimentations minérales qualitativement différentes, par exemple l'une à dominante de chaux, l'autre à dominante de potasse, celle qu'on doit considérer comme la meilleure ?

On pourrait songer à se poser cette question dans le domaine purement scientifique, ce qui reviendrait à se demander quelle est la norme spécifique d'alimentation minérale d'une plante donnée. Mais, ainsi posée, la question supposerait que l'on peut connaître cette norme spécifique, cet optimum tout à fait indépendant de l'exploitation de l'espèce végétale par l'homme. Pour notre part, nous serions bien embarrassés de la définir : nous ignorons les principes de cette esthétique absolue, sans relativité humaine.

Mais au point de vue agronomique, c'est-à-dire quand il s'agit d'un végétal cultivé pour satisfaire des intérêts humains, l'attention est portée sur des caractères définis : sécurité et ampleur des bénéfices de l'agriculteur, du commerçant et du consommateur. Par exemple, pour ce qui concerne la pomme de terre, relation du mode d'alimentation avec le rendement en tubercules, la résistance aux maladies, les facilités d'écoulement, et enfin — peut-être surtout — les qualités hygiéniques du tubercule comme aliment de l'homme.

La plasticité chimique du végétal permet d'atteindre par voie expérimentale, sinon un optimum définitif d'alimentation minérale à tous ces points de vue, du moins un progrès vers cet optimum.

S'il y a des lois susceptibles de nous guider dans cette recherche de l'optimun expérimental d'alimentation d'une espèce cultivée pour un produit donné, ce n'est donc pas — qu'on l'appelle loi du minimum ou autrement — celle qui pos-

tule inexactement la fixité spécifique des rapports mutuels entre les principes minéraux acceptés par le végétal ; ni celle qui ferait vainement appel à une norme spécifique idéale, à la fois inconnue et agronomiquement inopérante, où serait transportée cette fixité défaillante en fait.

Si donc il y a des lois réglant l'alimentation minérale des végétaux avec quelque application possible à l'agriculture, elles doivent être d'abord cherchées dans les réponses de chaque espèce à telle ou telle modification du milieu, réponses que, en surplus des observations morphologiques, nous proposons de lire analytiquement et physiologiquement dans le diagnostic foliaire annuel. Les généralisations suivront la statistique des faits. Exemple : dans de nombreuses expériences sur la pomme de terre et sur la vigne, nous avons trouvé que l'acide phosphorique, quand il entre dans l'organisme végétal, agit comme frein sur l'absorption de l'azote ; si cette observation se généralise, elle pourra servir de guide pour modifier dans un sens cherché le rapport de l'azote aux autres principes nutritifs.

Cette discussion scientifique ne doit pas faire oublier que la technique du diagnostic foliaire demeure pour le moment d'ordre empirique. Une culture ne donne pas satisfaction — nous ne parlons pas de satisfaction de la plante, mais de la satisfaction humaine de celui qui l'exploite — et son diagnostic foliaire diffère, par des caractères déterminés, du diagnostic foliaire qu'une expérience antérieure a reconnu comme lié à la plante satisfaisante. Dès lors, par un engrais approprié à la modification souhaitée du diagnostic foliaire, on cherche a l'améliorer. Ce résultat a été obtenu, pour la pomme de terre, dans des parcelles de nos champs d'expériences de Montpellier et de Malbosc. Dès que les observations statistiques du diagnostic foliaire auront suffisamment indiqué dans quel sens la « sensibilité chimique » de la plante en question réagit à l'action de telle fumure ou de telle modification du milieu, on peut espérer que, dans le milieu incriminé, l'on obtiendra le même succès.

Au surplus, pour l'examen critique et l'exploitation technique de l'alimentation végétale, l'espoir d'y voir clair ne peut se fonder que sur une méthode expérimentale apportant, dans des conditions pratiquement accessibles, une documentation à la fois *analytique*, puisque l'on veut discriminer l'intervention et e rôle de chaque élément, — *cinématique*, puisqu'il s'agi t d'un

système en mouvement, — et *biologique*, puisque c'est la vie qui, conduisant le mouvement et les réactions des éléments, organisant les cellules et les réserves, fabrique selon ses propres lois la récolte de l'agriculteur.

CHAPITRE VII

Indications sur le milieu cultural du massif de l'Espinouze (Cévennes)

Les résultats acquis. — A la fin de cette seconde série d'essais culturaux et de contrôles analytiques, nous nous trouvons, comme dans notre premier Mémoire, en face d'un problème résolu : à Malbosc, en 1929, pour la culture de la pomme de terre, les apports de chaux, de potasse ou d'acide phosphorique étaient inutiles, tandis que l'apport d'azote était avantageux.

Dans la terre de la Station de Montpellier en 1928, nous avions constaté que,. pour la culture de la pomme de terre, l'azote était seul parmi les principes fertilisants, non seulement avantageux, mais indispensable.

A part cette différence de degré dans la valeur exclusive de l'azote comme engrais, nous sommes donc amenés à exprimer dans les mêmes termes la solution du problème des engrais chimiques à appliquer à la pomme de terre dans les deux milieux, si différents, de Montpellier et de Malbosc.

Il faut se garder de tirer de ces deux résultats identiques une règle générale. Nous avons commencé une étude statistique sur la corrélation entre le mode d'alimentation minérale de la pomme de terre et son rendement. Il est clair qu'on ne fait pas, sur un processus biologique aussi complexe, une statistique avec deux observations. On ne saurait donc prétendre, après l'examen de ces deux cas particuliers, qu'il en sera de même soit à Montpellier, soit à Malbosc, pour les années qui vont suivre, et encore moins que partout, en toutes circonstances, l'engrais azoté sera seul efficace sur la pomme de terre.

La continuité ou la discontinuité d'action alimentaire d'une même formule d'engrais, sur une même espèce cultivée dans un même milieu, entre en jeu dans les essais que nous avons poursuivis en 1929 et 1930 dans notre champ d'expériences analyti-

que de la Station de Montpellier. Ces essais feront l'objet d'un mémoire ultérieur.

Quant à la carence relative d'un autre principe que l'azote, nous la trouvons dans le cas suivant. En 1931, M. G. Nicolas, directeur à la Société méridionale de produits chimiques agricoles de Marseille, a bien voulu nous communiquer, relevé par lui, un diagnostic foliaire de la pomme de terre Institut de Beauvais cultivée à Réalpanier près d'Avignon. Dans ce diagnostic foliaire, anormal par rapport à ceux que nous connaissons, la potasse descendait au-dessous de l'acide phosphorique, l'azote débutait à 5 pour cent de la matière sèche de la feuille. Cette observation nous a conduits à instituer en 1932, à Réalpanier sur la terre de prairie récemment défrichée une expérience dont les résultats culturaux ont démontré l'*efficacité exclusive de la potasse*. L'expérience comportait deux séries parallèles de quatre parcelles ; une des séries (série *bis*) a souffert d'un grand excès d'humidité par contact direct, en année pluvieuse, avec un de ces fossés d'irrigation qui dans cette région sont gorgés d'eau ; c'est donc surtout aux résultats de la première série qu'il convient de se référer. Dans chaque série une parcelle témoin n'a rien reçu ; les trois parcelles fumées ont reçu respectivement 200 kg., 400 kg., 800 kg. de chlorure de potassium à l'hectare ; elles ont reçu, en outre, toutes trois, 500 kg. de superphosphate à l'hectare, afin de freiner dans la mesure du possible l'absorption de l'azote. Malgré tout, l'absorption relative de l'azote est restée excessive et s'est traduite par une production exagérée des tiges et des feuilles.

Voici les poids de tubercules frais qui ont été relevés par nous à trois époques successives, la dernière coïncidant avec la récolte.

Pomme de terre Institut de Beauvais 1932. Réalpanier.

FUMURE PAR HECTARE	PARCELLES	20 juil.	5 août	20 août	PARCELLES	20 juil.	5 août	20 août
—	—	—	—	—		—	—	—
		gr.	gr.	gr.		gr.	gr.	gr.
Sans engrais....	1	306	592 5	650	1 bis	430	642	680
200 kg. KCl..... 500 kg. super	2	303 5	736	945	2 bis	585 5	615	880
400 kg. KCl..... 500 kg. super	3	533	939 5	867	3 bis	626	641	680
800 kg. KCl..... 500 kg. super	4	462	889 5	1062	4 bis	499	835 5	826

On voit que, dans ce milieu, la potasse a augmenté le rendement et que le maximum de rendement, 1062 grs par pied, a été obtenu avec le maximum de fumure potassique.

C'est là un simple essai de prospection. Il a été gêné par l'excès d'humidité et un peu par les courtilières malgré le phosphure de zinc. Nous voudrions le compléter par l'organisation d'un champ d'expériences analytique. Il est tout de même suffisant pour montrer que les résultats culturaux de Montpellier et de Malbosc ne se retrouvent pas partout.

Mais on n'a pas davantage le droit de contester la légitimité des conclusions expérimentales de Montpellier et de Malbosc, ni de penser qu'on ne puisse pas retrouver, avec plus ou moins de fréquence, le même fait d'efficacité exclusive de l'engrais azoté sur la pomme de terre. C'est cette fréquence qu'il s'agit non d'affirmer ou de contester inconsidérément ou tendancieusement, mais de déterminer patiemment par l'observation. Quand on parcourt une région de culture de la pomme de terre, il n'est pas rare de rencontrer des parcelles dont les feuilles présentent, à la bonne époque de la végétation, une nuance de vert beaucoup trop claire : l'azote manque pour le développement normal de la partie aérienne de la plante ; les expériences de Montpellier et de Malbosc autorisent, dans ces cas, à poser la question de savoir si l'azote ne manque pas aussi pour la production normale des tubercules.

D'ailleurs, comme résultats acquis, les rendements de la pomme de terre sous l'iufluence des engrais en trois milieux donnés importent ici beaucoup moins que l'application réalisée d'une méthode d'investigation qui consiste : 1° à reconnaître, comme dans tout champ d'expériences analytique, la relation entre les engrais épandus et les résultats obtenus ; 2° à reconnaître que cette relation s'inscrit analytiquement (c'est-à-dire en indiquant le rôle respectif de chaque élément minéral) dans la comparaison des diagnostics foliaires, en sorte qu'on peut relever pour chaque parcelle, à tout instant choisi, les rapports physiologiques constituant la *cote d'alimentation* de la parcelle à cet instant. Nous y ajoutons, du côté technique, l'espoir — désormais fondé — de pouvoir, quand nous aurons déterminé le chimisme optimum de la feuille d'une espèce cultivée, reconnaître si son alimentation est bonne ou si son alimentation est mauvaise et en quoi elle est mauvaise.

Le diagnostic foliaire et le diagnostic par analyse conventionnelle des sols. — Cette voie d'investigation est tout à fait distincte de celle que choisissent des chimistes agronomes lorsque, ayant comme nous constaté la relation entre les engrais épandus et les rendements obtenus, ils cherchent comment cette relation s'inscrit analytiquement dans le sol. Ils ajoutent l'espoir de reconnaître par l'analyse du sol au laboratoire les caractères qui déterminent l'alimentation soit satisfaisante, soit mauvaise de la plante cultivée ; ce qui suppose nécessairement la détermination préalable de l'optimum de composition du sol pour l'espèce cultivée en question.

Il ne s'agit pas ici de savoir si ces chimistes agronomes ont résolu le problème qu'ils se sont ainsi posé ; mais de remarquer, que, partant des mêmes observations agricoles, aspirant au même but qui est d'établir une connaissance analytique de l'alimentation végétale dans un milieu donné, nous sommes, ces chimistes et nous, séparés par des modes opératoires très différents ; nous ne nous servons pas des mêmes outils et nous ne parlons pas le même langage. C'est pourquoi nos propres travaux ne comportent pas nécessairement des recherches concernant les estimations nutritives des sols au laboratoire. Les indications que nous donnons plus loin sur la constitution du sol de Malbosc et des sols du massif de l'Espinouze restent donc en dehors du problème que nous avons étudié et résolu, à savoir la détermination des caractères de l'alimentation de la pomme de terre dans ce sol, soit naturel, soit modifié par divers engrais. Ces indications auront surtout pour résultat de nous offrir des bases concrètes de discussion concernant diverses méthodes de chimie agricole. Sans chercher à diminuer la valeur des méthodes actuellement en cours, nous pourrons ainsi dégager la valeur agronomique particulière du diagnostic foliaire, qui, comme toute idée nouvelle, ne peut se poser qu'en s'opposant.

Il n'en demeure pas moins que, à nos yeux comme à ceux des chimistes prenant leur information par l'analyse des sols au laboratoire, *le sol conditionne l'alimentation des végétaux*. Nous en avons fourni la preuve par l'étude comparée des alimentations de la pomme de terre dans les sols, si différents, de Montpellier et de Malbosc. Mais *le sol n'est pas seul à conditionner la nature de l'alimentation d'un végétal* : à titre au moins égal, il faut compter deux autres facteurs : d'une part les

conditions météorologiques et d'autre part la capacité spécifique d'absorption de la plante cultivée. Dans un même sol deux plantes de nature identique s'alimentent différemment si les conditions d'humidité, de température et d'éclairement sont différentes. Dans un même sol, et toutes autres conditions étant égales, des plantes d'espèces différentes s'alimentent différemment. Contrairement aux chimistes qui pensent pouvoir, d'après le seul examen du sol, conclure quelque chose d'utilisable par la pratique agricole, nous pensons qu'on ne peut rien conclure de techniquement valable que si la documentation préalable a mis en jeu simultanément les trois facteurs de l'alimentation : sol, conditions météorologiques, espèce végétale. C'est pourquoi nous demandons au diagnostic foliaire, qui résulte obligatoirement des trois facteurs, de nous renseigner analytiquement sur l'alimentation d'un végétal donné dans un milieu donné. En principe, la collaboration expérimentale effective de ces trois facteurs primordiaux ne nous paraît pas pouvoir être éludée sans projeter les conclusions hors du domaine de l'agronomie.

L'acidité du sol de Malbosc. — Nous allons trouver dans l'acidité du sol de Malbosc une première application de ce principe.

Au réactif Comber (sulfocyanate de potassium), le pH des échantillons prélevés à Malbosc et examinés sans délai a été de 5,5 pour le sol et aussi de 5,5 pour le sous-sol.

C'est un fait connu que ce taux d'acidité du sol est un optimum pour la culture de la pomme de terre (1). Le développement très satisfaisant et le rendement élevé de notre culture de Malbosc, aussi bien dans les parcelles non fumées que dans les parcelles fumées, contribuent à établir cette manière de voir. La diminution des rendements des meilleures parcelles par le chaulage la confirme également. On voit que la règle admise à ce sujet fait intervenir explicitement le sol et la plante ; on sous-entend que les conditions météorologiques sont favorables. C'est pourquoi nos expériences s'accordent avec cette règle.

D'autre part, nous avons déterminé par le procédé Hutchinson-Mac Lennan ce que les laboratoires désignent par l'expres-

---

(1) F Honcamp : *Handbuch der Pflanzenernährung und Düngerlehre*, Berlin, Julius Springer, 1931.

sion audacieusement agronomique : *le besoin en chaux du sol.* Par kg. de terre, le sol a retenu 3 gr. 29 de CaO, le sous-sol 2 gr. 66 de CaO.

Il faut reconnaître que le procédé Hutchinson-Mac Lennan, en déterminant directement la rétention de la chaux par un mélange aussi complexe qu'un sol, est préférable au mode de calcul indirect de la chaux susceptible de neutraliser l'acidité. Mais dans cette expérience on mesure uniquement la « capacité de rétention de l'échantillon du sol pour la chaux ». Et si, comme le suggère l'expression « besoin en chaux », le chimiste de laboratoire donne, sans plus ample examen, le conseil à l'agriculteur d'épandre sur le sol par hectare le poids de chaux correspondant pour améliorer ses rendements ou même simplement pour neutraliser le sol en place, il passe inconsidérément, c'est-à-dire sans s'inquiéter des contingences culturales qui sont surtout physiologiques, à la solution d'un problème qu'il n'a pas étudié. C'est là un exemple de la tendance du chimiste de laboratoire à s'immiscer à peu de frais dans la technique agricole : tendance également dommageable à l'agriculture et à l'agronomie.

Dans le cas particulier envisagé, on sait, en premier lieu, par Christensen et Jensen (1), que la quantité de chaux nécessaire pour obtenir la neutralisation au laboratoire de l'échantillon de terre est fort inférieure à celle qui est nécessaire pour obtenir au bout d'un certain temps la neutralisation de la terre en place dans le champ. Il faut la multiplier par un coefficient qui varie de 2,5 à 3,5 avec une moyenne de 2,9. Une telle disproportion montre que dans ce cas la détermination au laboratoire ne peut pas être étendue au milieu cultural.

En second lieu, aussi bien que la détermination sur l'échantillon, la détermination purement agrologique en plein champ d'un prétendu besoin en chaux est agronomiquement insuffisante, tant que l'on ne spécifie pas de quelle plante il s'agit. Nous ne contestons pas qu'un sol neutre ne soit, pour beaucoup de cultures, supérieur à un sol acide ; mais, d'une part, ainsi que l'a montré la pomme de terre à Malbosc, certaines plantes échappent à cette appréciation générale ; d'autre part, c'est l'assolement qui doit intervenir pour établir l'opportunité et l'intensité du chaulage en une année donnée. Bref, il n'y a pas techni-

---

(1) Voir Brioux et Pien : *Ann. Sc. Agr.*, 1927, 41, 1, 21-44.

quement de « besoin en chaux d'un sol ». Il y a un « besoin en chaux de telle plante dans tel sol ».

Analyse mécanique de la terre du champ d'expériences de Malbosc. — La terre de Malbosc présentant, comme d'ailleurs toutes les terres formées par le schiste séríciteux, une difficulté d'interprétation en ce qui concerne les résultats de l'analyse mécanique, son cas nous conduira nécessairement à l'examen critique, sous certains points de vue, de cette analyse conventionnelle.

Produit de lévigation au bas d'un coteau, la terre de Malbosc ne contient dans notre champ ni cailloux ni graviers. L'analyse mécanique conventionnelle, telle qu'elle a été édictée par la dernière circulaire du Directeur de l'Institut français des recherches agronomiques, a donné les résultats suivants :

POUR 100 DE TERRE FINE SÉCHÉE A 100°	SOL	SOUS-SOL
Argile	11,70	12,20
Limon	6,50	6,10
Sable fin	24,70	28,95
Sable grossier	47,75	44,60
Matières humiques	9,35	8,15

On sait que cette analyse subdivise la partie minérale de la terre en lots conventionnels d'après la vitesse de sédimentation des particules.

Un tel tableau permet d'intéressantes comparaisons avec d'autres échantillons de laboratoire analysés d'après les mêmes conventions. On peut, par exemple, faire une statistique de constitutions analytiques établies selon cette convention et y découper des groupes pour dresser une classification des sols selon les vitesses de sédimentation de leurs particules ; on peut placer ces constitutions analytiques en regard de la classification des sols d'après leurs roches originelles, ou en regard des états de désagrégation plus ou moins avancés de sols issus d'une même roche originelle. Dans ces statistiques notre sol de Malbosc prendrait, par ses constituants analytiques, une place déterminée.

Mais tout cet effort d'anatomie des sols, tous ces arrangements analytiques, n'ont rien d'explicite à l'égard de la pratique agricole. Les « moins » et les « plus » de cette étude purement scientifique n'ont rien de technique, car la technique, au lieu de

ces *jugements d'existence*, veut des *jugements de valeur*, c'est-à-dire les « pas assez », « assez », ou « trop » pour l'utilisation pratique envisagée. C'est dire que le résultat d'une analyse mécanique, quelle que soit la méthode par laquelle on fait la séparation des lots, n'a aucune signification agricole tant qu'il n'est pas accompagné d'une clé d'interprétation ouvrant la cloison qui sépare les *grandeurs* scientifiques des *valeurs* techniques.

Or la circulaire établissant les conventions opératoires de l'analyse mécanique n'apporte aucune clé d'interprétation. Abstention d'autant plus explicable que cette interprétation est fort difficile.

Par une première tentative, l'analyse mécanique peut prendre pied dans le domaine de la pratique agricole sans mettre en jeu la plante cultivée. Assurément le résultat technique sera dès lors incomplet : on sait que le blé et l'asperge, par exemple, trouvent leur optimum mécanique dans des constitutions de sol fort différentes. Mais la plante définit aussi son optimum de sol par des caractères minéralogiques (silice, calcaire) et chimiques ; en sorte qu'elle nous obligerait à sortir des considérations proprement mécaniques. Cette réserve faite, une première corrélation entre l'analyse mécanique et la technique agricole peut être cherchée en évoquant seulement la tenue des sols pendant et après le labour. Sous ce point de vue restreint, une interprétation correcte ne peut être fondée que sur une corrélation assurée entre, d'une part, les propriétés techniques dont nous venons de parler, exprimées en nombres résultant de mesures, et, d'autre part, les proportions diverses selon lesquelles se répartissent les constituants analytiques dans les sols.

Il convient de marquer ici que, *a priori*, le problème ainsi posé n'a pas nécessairement une solution, parce que l'on cherche à traduire exactement la tenue du sol pendant et après le labour par des mélanges de constituants qui sont, dans le mode opératoire de l'analyse, définis par une autre propriété, la vitesse de sédimentation. Nous allons voir, par l'exemple de la terre de Malbosc, qu'on peut avoir à recourir à ce scrupule logique.

Mais cherchons tout de même à faire cette traduction, non point, puisqu'elles nous manquent, avec l'aide de mesures précises sur les sols en place, mais d'après les impressions de la pratique culturale.

De même qu'on ne peut traduire une phrase sans connaître le sens des mots, de même *il faut nécessairement et préalablement donner la signification mécanique de chacun des lots séparés par l'analyse mécanique des divers mélanges appelés sols.* Après quoi il conviendra de traduire en propriétés mécaniques ces divers mélanges.

Il est évidemment commode de s'en dispenser, comme l'ont fait, cependant après le travail de notre laboratoire (1) (voir fig. 7) et avec le même mode de représentation graphique, divers auteurs de *classifications purement analytiques des sols* : Wildson (2), Whitney (3) et Kamerman (4). Mais nous cherchons une *classification mécanique des résultats analytiques.*

Ce problème, dont l'importance est considérable pour le progrès rationnel de la technique agricole, a particulièrement préoccupé l'un de nous, appelé pendant longtemps à faire de nombreuses analyses de terres de provenances très variées, souvent après avoir personnellement prélevé les échantillons et discuté avec l'exploitant la tenue de ces terres au labour. Il a été ainsi amené à proposer un mode de traduction des *grandeurs* analytiques en *valeurs* mécaniques (5).

L'analyse mécanique était faite selon la méthode de Th. Schlœsing père, adoptée par le Comité des Stations agronomiques. Cette méthode conventionnelle subdivise la terre fine en trois lots : *sable grossier*, *sable fin*, *argile.* Notre laboratoire a énoncé comme suit leur signification mécanique :

Le *sable grossier* est l'agent de division, d'aération, de perméabilité ; son rôle sera exprimé dans la nomenclature mécanique en disant qu'il rend les terres *légères* ; sa proportion désirable pour une bonne constitution mécanique est comprise entre 60 et 70 pour cent.

Le *sable fin* est l'agent de tassement et d'asphyxie par contiguïté des particules très ténues qui le constituent ; son rôle sera exprimé dans la nomenclature mécanique en disant qu'il

(1) *C. R. Ac. Sc.*, 1905, 140, 669-672.

(2) *Agric. Journ. of India,* 1919, cité par Whittles *Jnal of Agric. Sc.*, 1922, t. XII.

(3) *Cir. Depart. Agric.* (E. U.), 1927, n° 419.

(4) *Recherches sur le sol,* 1930, II, 152-164, cité par Demolon, *La Dynamique du sol,* p. 167, Dunod, éditeur.

(5) *C. R. Ac. Sc.* 1905, 140, 1358-1361 et 1555-1558 ; t. 141, 363-366 ; *Ann. Ec. Nat. Agric.*, Montpellier, 1905, IV. 200-220.

rend les terres *battantes* ; sa proportion désirable est comprise entre 20 et 30 pour cent.

L'*argile* est l'agent de plasticité quand la terre est humide, de cohésion et de dureté quand la terre est sèche. On convient d'exprimer dans la nomenclature ce double rôle en disant que l'argile rend la terre *plastique* ; sa proportion désirable est comprise entre 6 et 10 pour cent.

Il convient en outre de désigner par un qualificatif les pro-

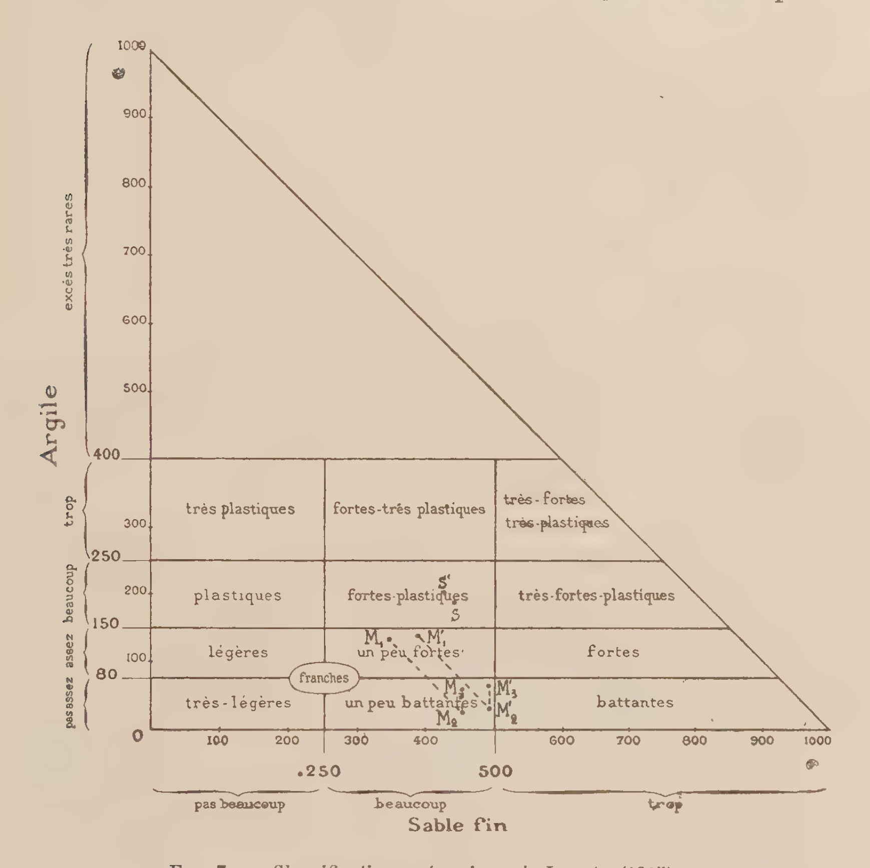


FIG. 7. — Classification mécanique de Lagatu (1905).

priétés qui résultent de l'ensemble *sable fin* + *argile* ; nous dirons que cet ensemble rend les terres *fortes*.

La corrélation entre, d'une part, les terres présentant réellement les valeurs mécaniques qu'on entend dans le monde

des praticiens par les vocables de « légères, fortes, battantes, plastiques » et, d'autre part, les mélanges analytiques des trois constituants qui leur correspondent, a été exprimée par la figure 7. Les différents types ainsi séparés passent d'une manière continue les uns aux autres et chaque ligne de séparation est enveloppée d'une gaine d'indécision.

On remarquera que les matières humiques n'interviennent

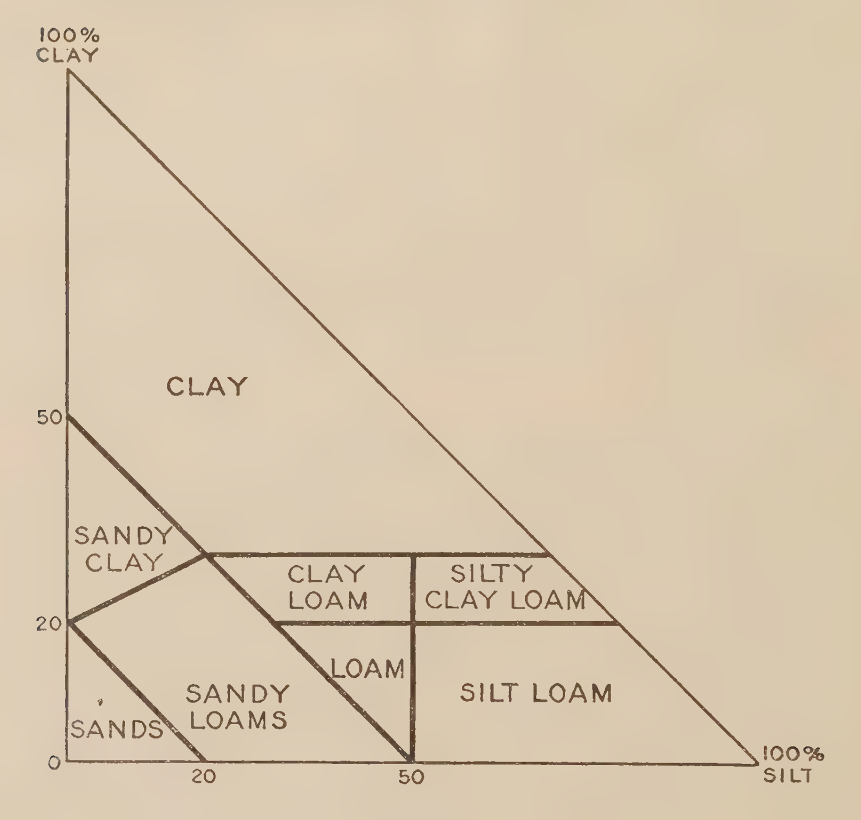


Fig. 8. — Classification analytique de Whitney (1927).

pas. On peut, en effet, classer d'abord les squelettes minéraux des sols, quitte à leur adjoindre ensuite l'humus dosé, lequel apporte toujours une amélioration tendant à rapprocher plus ou moins le sol considéré de la bonne terre agricole, dite terre *franche*. Dans les terres arables de grande culture du Midi de la France cette correction est toujours nulle, l'humus n'y

dépassant pas 2 pour cent et restant généralement au-dessous de 1 pour cent.

Une telle corrélation mécanico-analytique étant donnée, il est clair qu'elle n'a de sécurité que si, dans tous les cas concrets de sols étudiés, le rôle mécanique attribué à chacun des constituants se retrouve constamment. Cette sécurité s'évanouit si l'un ou l'autre des trois constituants est susceptible de diversité mécanique dans sa constance analytique.

En analysant de nombreux sols, cette diversité mécanique est apparue. On a tenté de retrouver la constance mécanique des constituants en faisant un plus grand nombre de subdivisions analytiques. On y est ainsi parvenu dans une certaine mesure.

En particulier, le lot *argile* s'est révélé polymorphe et d'interprétation mécanique incertaine. On peut voir à ce sujet le travail fondamental de Schlœsing père (1) qui a été amené à en séparer un limon fin dont la sédimentation, plus lente que celle du sable fin, est plus rapide que celle de la véritable argile, agent de plasticité, et n'en joue pas le rôle.

Ponr notre part, c'est précisément dans les terres issues des schistes sériciteux, terres fort répandues dans le Midi de la France, que cette contradiction nous est apparue. Constamment, les terres de schiste sériciteux, même notablement désagrégées, manquent de cohésion. Ce sont toujours des terres battantes, jouant au labour comme les terres légères, dès qu'elles sont suffisamment sèches. Or le lot d'argile y dépasse constamment 10 pour cent, taux qui, dans les terres à véritable argile, correspond à une cohésion marquée, supérieure à celle des terres franches. C'est aussi le cas de Malbosc.

Il y a donc, dans ce cas, manque de corrélation entre la lenteur de sédimentation et le caractère colloïdal et plastique du lot qualifié argile.

Ce fait tient à ce que la séricite est un mica qui peut se subdiviser en lamelles très minces, dont la sédimentation est extrêmement lente, bien qu'elles n'aient pas les très petites dimensions des particules colloïdales.

Cette aberration mécanico-analytique est si fréquente que notre Laboratoire devait toujours vérifier concrètement la cohésion des terres analysées sur un petit pâton cylindrique

(1) *C. R. Ac. Sc.*, 1903, 136, et 1608; t. 137, p. 369.

de terre fine qui, après dessiccation, témoignait de sa cohésion quand on le cassait entre ses doigts. Cette sensation de résistance éliminait l'erreur et, du même coup, condamnait la méthode d'analyse mécanique. En mesurant l'effort de rupture, on reviendrait à l'ancien procédé de Schübler (1). Mais une étude sérieuse devrait plutôt recourir à une mesure de la résistance opposée aux instruments aratoires ou tout au moins à des mesures sur place des propriétés physiques des sols, comme l'a si judicieusement fait observer Alexis A. J. von Sigmond (2). En ce qui concerne la cohésion des sols, il ne faut donc pas passer sans discernement de l'analyse mécanique du laboratoire à la réalité agricole.

Le polymorphisme de l'ancien lot sable - fin a conduit à y distinguer un lot *limon*, en sorte que la méthode officielle comporte maintenant quatre constituants de la partie minérale des sols. La précision de l'analyse mécanique s'en trouve accrue.

Par contre, on ne peut plus employer directement la représentation géométrique des résultats de l'analyse mécanique en coordonnées trilinéaires. Or, il faut avoir eu à étudier simultanément et à comparer un grand nombre de sols pour comprendre que cette représentation de chaque sol par un point sur la surface d'un triangle est non seulement utile, mais indispensable. C'est d'ailleurs dans l'enseignement un procédé d'initiation que rien ne remplace. Alors que la méthode anglaise d'analyse mécanique sépare la terre en 6 lots, on voit que, pour bénéficier de cette représentation graphique, les auteurs ramènent ces 6 lots à 3 :

Gravier fin + sable grossier	Fine gravel + coarse sand
Sable fin + limon	Fine sand + silt
Limon fin + argile	Fine silt + Clay

Voir à ce sujet C. L. Whittles (3).

Nous pensons, nous aussi, que ce serait une maladresse de perdre le bénéfice de la représentation ponctuelle en coordonnées trilinéaires. Nous proposons, à l'exemple des auteurs anglais, de revenir pour cette représentation graphique à l'inscription *sable fin + limon*, remplaçant l'ancien lot sable fin. Quand on aura

(1) *Ann. de l'Agric. franç*, 2e série, t. LX.
(2) *IVe Conf. Intern. Pédol.*, Rome, 1924, II, p. 50
(3) *Jnal Agric. Sc.*, 1922, XII, 166-182.

ainsi classé les échantillons analysés et qu'une première vue d'ensemble nous aura sensiblement éclairés sur leurs rapports, on sera toujours à temps de voir si des points représentatifs voisins présentent, à l'égard du limon, des différences dont la pratique agricole devra tenir compte.

Interprétation de l'analyse mécanique de la terre de Malbosc. — Appliquons ces observation générales au cas concret de notre terre d'expériences de Malbosc. Otons du tableau d'analyse les matières humiques : le squelette minéral de la terre, en réunissant dans un seul bloc le sable fin et le limon, présente la structure analytique suivante :

Pour 100 de terre sans humus	Sable grossier > 0 mm. 2	Sable fin + Limon $< 0,2 > 0,002$	Argile $< 0,002$
	—	—	—
Sol..	52,7	34,4	12,9
Sous-sol.........	48,6	38,2	13,2

Portées sur le triangle de référence (fig. 7), ces coordonnées nous donnent le point M_1 pour le sol et le point M'_1, pour le sous-sol. *Mais* nous savons que le lot argile formé de lamelles de séricite, n'est pas une véritable argile ou tout au moins ne contient pas assez de véritable argile pour donner de la cohésion à ces terres, alors que si elles contenaient, comme l'indique l'analyse, 13 pour cent d'argile véritable, elles formeraient des mottes nettement cohérentes. Ce fait nous oblige à compter le lot argile comme s'ajoutant à peu près complètement au lot sable fin + limon. Cette correction se traduit graphiquement en transportant les points représentatifs M_1 et M'_1, le long d'une droite parallèle à l'hypoténuse du triangle jusqu'au voisinage de la base horizontale, en M_2 et M'_2. *Mais* la proportion de 8 à 9 pour cent d'humus, ajoutée à ce squelette minéral totalement sableux, a un effet plastique ; elle lui donne un commencement de cohésion et joue, en définitive, le rôle que jouerait une toute petite quantité d'argile véritable ; seconde correction qui s'exprime graphiquement en transportant légèrement les points M_2 et M'_2, le long d'une verticale au-dessus du côté horizontal en M_3 et M'_3.

Nous voilà loin, pour l'interprétation *mécanique*, de la donnée *analytique* primitive. Remarquons que ces corrections sont les mêmes, qu'on fasse l'analyse mécanique selon les anciennes conventions ou selon les nouvelles instructions de l'Institut des

Recherches agrononiques. En fait, avec ces corrections que le bon sens exige, les points représentatifs M_3 et M'_3, auxquels nous nous sommes arrêtés, situent bien la terre d'expériences de Malbosc à sa place dans l'ensemble de tous les états mécaniques possibles. Cette terre est *un peu battante :* elle n'a presque pas de cohésion. Mais, grâce à une proportion notable de sable grossier et d'humus, elle n'est pas asphyxiante comme le sont les terres battantes à sable fin exclusif.

Interprétation de l'analyse mécanique de la terre de la Station de Montpellier. — Cherchons maintenant l'interprétation des résultats de l'analyse mécanique de la terre d'expériences de la Station de Montpellier, résultats inscrits dans notre premier Mémoire sur le diagnostic foliaire de la pomme de terre. Les cailloux et les graviers s'y trouvent en proportion négligeable et n'ont aucune influence mécanique. Rappelons la composition analytique de la terre fine :

Pour 100 de terre fine séchée à 105°	Sol	Sous sol
Argile	19,08	20,23
Limon	7,52	7,25
Sable fin siliceux	7,77	7,81
Sable grossier siliceux	35,41	35,62
Carbonates (exprimés en CO^3Ca)	29,51	28,37
Matières humiques	0,71	0,72

Comme toutes les terres méridionales de grande culture, notre champ d'expériences de la Station n'a qu'une très petite quantité d'humus et aucune correction ne sera requise pour la mise en jeu de ce constituant.

La terre de la Station de Montpellier a pour roche originelle sous-jacente une marne tertiaire aquitanienne qui, étudiée en plaques minces au microscope polarisant, apparaît dans son ensemble comme un amas de très petits cristaux indépendants de calcite, avec des fragments de quartz un peu plus gros, et aussi quelques cristaux de calcite un peu plus gros, formant filonnets. C'est bien cet état du calcaire que traduit le mode d'attaque à l'acide chlorhydrique ayant fourni, au Calcimètre enregistreur Houdaille et Semichon, les diagrammes insérés dans notre premier Mémoire : on y voit que la presque totalité du calcaire est rapidement attaquable et qu'une faible fraction se dissout plus lentement. On peut donc admettre que tout le calcaire soit compté dans le lot sable fin. On arrive ainsi, pour la

tripartition en vue de la représentation graphique, au tableau suivant :

Pour 100 de terre fine séchée à 105°	Sable grossier siliceux	Sable fin sil. +sable fin calc. +Limon	Argile	Total
—	—	—	—	—
Sol	35.41	44,80	19,08	99,29
Sous-sol	35,62	43,43	20,23	99,28

Le complément à 100 est fait par l'humus. Il est inutile de calculer le tableau pour cent de la partie minérale seule.

Les points représentatifs (fig. 7), S pour le sol, S' pour le sous-sol, tombent dans l'aire graphique des terres *fortes-plastiques* ;

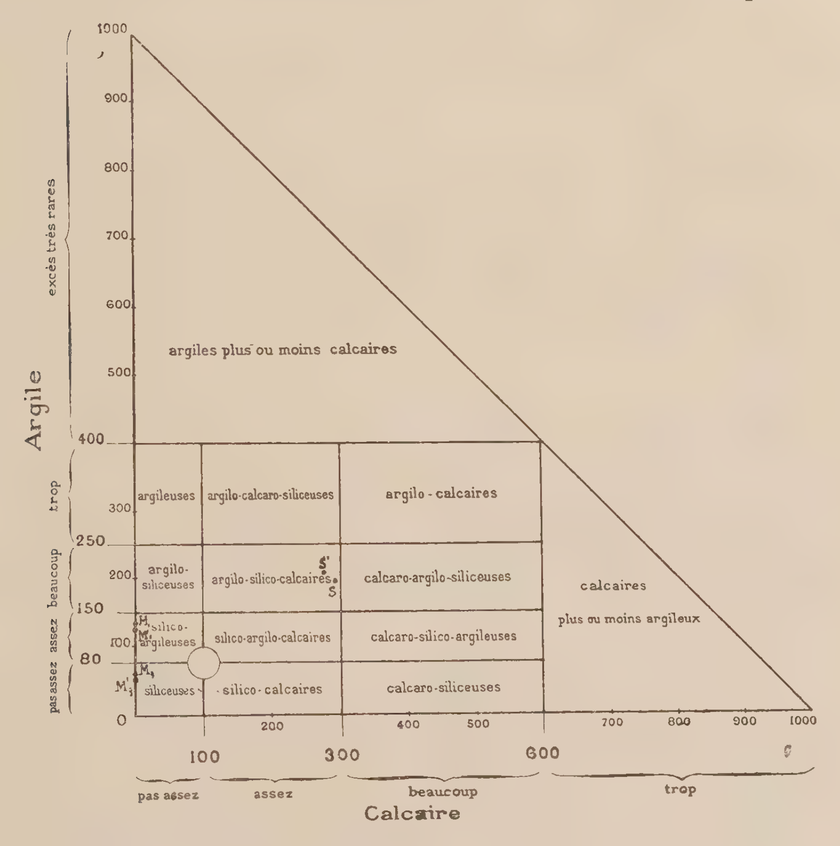


Fig. 9. — Classification minéralogique sommaire de Lagatu (1905).

et c'est bien à ce type mécanique que se rapporte, en effet, la terre de la Station de Montpellier.

Constitution minéralogique sommaire (calcaire, argile, sable siliceux) des terres des deux champs d'expériences. — En même temps qu'une classification et une nomenclature des terres arables sous le point de vue mécanique, l'un de nous publiait aussi (1) une classification et une nomenclature des terres arables sous le point de vue de leur caractérisation par les proportions relatives de calcaire, d'argile et de sable siliceux qu'elles contiennent (voir fig. 9). Le point de vue mécanique et le point de vue minéralogique sont logiquement indépendants ; chacun d'eux, pris à part, est insuffisant ; ils sont simultanément requis pour donner une idée pratique de la nature d'un sol.

Quand on applique à la terre du champ d'expériences de Malbosc notre classification minéralogique, on trouve, sur le tableau graphique qui la résume, que cette terre de Malbosc est silico-argileuse, les points représentatifs étant en M_1 et M'_1. Mais, si l'on tient compte du fait, singulier et précédemment reconnu, que le lot argile de l'analyse mécanique correspond ici, non à de l'argile proprement dite, mais à un sable très fin de lamelles de séricite, il faut faire descendre les points représentatifs en M_3 et M'_3, ce qui donne la simple qualification de *terre siliceuse.* L'humus n'intervient pas dans notre classification ; mais la nomenclature peut tenir compte de la teneur élevée de Malbosc en humus, en la qualifiant de *terre siliceuse humifère*.

La terre du champ d'expériences de la Station de Montpellier donne (fig. 9) les points représentatifs S pour le sol et S' pour le sous-sol : tous deux sont ainsi qualifiés *argilo-silico-calcaires*, à la limite des terres calcaro-argilo-siliceuses, en raison de leur teneur en calcaire voisine de 30 o/o, teneur limite entre ces deux groupes.

Rassemblant les renseignements fournis par l'analyse mécanique et par l'analyse minéralogique sommaire, nous avons en langage précis la qualification des terres de nos deux champs d'expériences, à savoir :

Malbosc, sol et sous-sol : terre un peu battante, siliceuse humifère.
Station, sol et sous-sol : terre un peu forte, argilo-silico-calcaire.

Il convient de ne pas se méprendre sur la portée du résultat qui s'exprime par les qualificatifs précédents. Il ne s'agit point

(1) *C. R. Ac. Sc.*, 1905, 141, 363-366 (*loc. cit.*).

d'une simple commodité verbale. A condition de connaître l'agrologie et la signification des termes employés, on y entend d'importantes propriétés relativement aux terres en question pour leur tenue avant, pendant et après le labour, pour la résistance plus ou moins grande qu'elles offrent au développement des racines, pour leur perméabilité et leur aération, pour le milieu qu'elles offrent aux microorganismes, etc. : bref, par ces désignations on passe, autant qu'il se peut, de l'*anatomie du sol* à ce que M. Demolon a si judicieusement appelé la *dynamique du sol* ; effort analogue à celui que ferait un biologiste qui, après avoir déterminé des formes et des grandeurs anatomiques, s'attacherait à découvrir, comme conséquences, les valeurs physiologiques qu'elles représentent pour l'être vivant considéré.

Mais l'intérêt technique de ces renseignements ne réside pas tant, pour nous, dans une estimation à en tirer quant à la valeur culturale de ces sols, puisque des observations directes et nos expériences nous ont fait connaître leur valeur culturale et alimentaire ; il réside dans le fait que nous *situons* les sols de nos expériences dans le cadre de toutes les terres possibles et que nous pouvons ainsi, à l'occasion, dans une autre situation géographique où la terre est connue par les mêmes procédés d'analyse, reconnaître s'il y a une probabilité d'analogie avec nos champs d'expériences. Cette remarque fait surgir le problème de l'extension, de la généralisation de nos résultats culturaux et analytiques. Seulement, comme nos résultats concernent le mode d'alimentation d'une espèce cultivée, d'autres facteurs d'analogie interviennent qui ne sont pas englobés dans les analyses précédentes ni dans l'interprétation de leurs résultats.

Le problème de la généralisation des résultats acquis. — Ce problème mérite un examen plus approfondi.

Les deux méthodes d'investigation, celle de l'étude des sols au laboratoire et celle du diagnostic foliaire, supposent, lorsqu'on s'y cantonne, que si la même plante doit être cultivée dans un autre champ, il conviendra, *pour s'éclairer au même degré*, de refaire pour le nouveau milieu, les uns le diagnostic tiré de l'étude du sol au laboratoire, les autres le diagnostic foliaire.

Pourrait-on, dans certains cas, se dispenser de ce second travail ? Avec un moindre effort, ou tout au moins avec un effort d'un autre ordre, pourrait-on à la quasi certitude qu'apporterait

un nouveau travail analytique substituer une probabilité acceptable en sachant reconnaître qu'un second milieu cultural non expérimenté est pratiquement identique au premier milieu expérimenté ?

C'est là un nouveau champ d'investigation ; c'est le *problème de l'identification de deux milieux culturaux* pour la production d'une plante donnée, problème dont nous envisageons ainsi la résolution, non plus par des moyens directs décelant les capacités alimentaires des deux milieux, mais par d'autres moyens, indirects et en quelque sorte latéraux. L'identification de deux milieux culturaux est loin d'être simple ; c'est donc une tâche qui revient à l'agronome, alors qu'on a coutume d'en laisser le soin et le risque aux praticiens désireux d'appliquer chez eux les enseignements tirés de champs d'expériences établis en d'autres régions (1).

Nous allons examiner, à propos de Malbosc et d'autres terres du Massif de l'Espinouze, ce problème de l'identification de deux milieux culturaux.

Au point où nous en sommes de notre exposé, on ne saurait trop insister sur le véritable changement de front de l'effort logique, lorsque l'on passe ainsi, dans un mémoire sur l'alimentation de végétaux cultivés, de l'exercice des comparaisons et des jugements de valeur, techniques et intéressés, à l'exercice des comparaisons et jugements d'existence, purement scientifiques et désintéressés. C'est une disgression tout à fait hétérogène au mémoire technique et dont l'intérêt se mesure aux conséquences techniques que nous pourrons en tirer. L'appareil scientifique incorporé à un mémoire d'agronomie ne vaut,

(1) C'est une question de savoir dans quelle mesure l'agronomie est accessible au cultivateur et dans quelle mesure on doit l'*instruire* à cet effet. La complexité des données de l'agronomie moderne doit laisser le savant, l'agronome et l'administrateur très sceptiques à ce sujet. C'est se tracer une tâche toujours inutile et presque toujours irréalisable que de chercher à faire juge le cultivateur, même moyennement instruit, des raisons qui déterminent l'agronome à conseiller tel progrès technique : ces raisons se transforment étrangement dans les propres raisonnements du praticien. Ce qui importe, c'est d'informer et de guider le cultivateur au sujet de telle ou telle modification de ses opérations culturales, dans les conditions où l'agronome les a jugées profitables, après s'être fait une opinion personnelle sur le milieu où opère le cultivateur. Nous définissons là le rôle de l'ingénieur conseil en agriculture, assurément aussi justifié par les capitaux engagés, par la difficulté du sujet et par l'activité des intérêts contraires, que celui de l'ingénieur conseil des entreprises industrielles, de l'avocat conseil ou de tout expert spécialisé.

sous le point de vue agronomique, que par cette embauche à l'atelier de production.

Il va sans dire qu'en parlant de l'identification de deux milieux culturaux nous ne mettons pas en question l'identité absolue, qui n'existe pas dans la nature, mais simplement une analogie telle que les mêmes pratiques agricoles leur conviendraient également ; et si, par voie d'observation non culturale, nous admettons une telle analogie, cette conclusion signifiera seulement qu'il est *très probable* que les mêmes pratiques agricoles, appliquées à une même espèce cultivée, donneront les mêmes résultats.

Il n'est pas difficile de reconnaître que ce problème est à la base de la classification des milieux culturaux et, par suite, de la répartition géographique des types de technique agricole qui découlent des milieux et que l'on peut, dans l'agriculture descriptive, juger opportun de distinguer.

Puisque les conditions météorologiques agissent sur le rendement et sur le mode d'alimentation des végétaux au même titre que les conditions de sol, l'identification de deux milieux culturaux doit mettre en question l'analogie des climats. Pour limiter notre travail, nous nous placerons dans l'hypothèse où l'ensemble du Massif de l'Espinouze se trouve sous le même climat, ce qui est vrai tout au moins pour la majeure partie, appartenant, comme Malbosc, au versant atlantique ; une faible fraction, appartenant au versant méditerranéen, a un climat différent. Quoi qu'il en soit, nous nous bornerons à examiner l'identification des sols.

La recherche des analogies dignes d'être retenues nous entraîne à la *connaissance scientifique des sols sous tous les points de vue*, c'est-à-dire à la *pédologie*. Cette science aboutit à une classification des sols qui, comme toute classification est fondée sur un choix quant à la *subordination des caractères* en vue d'établir des groupes généraux et leurs subdivisions : choix toujours arbitraire. Rien n'assure d'avance que la subordination des caractères admise par une science désintéressée comme la pédologie correspondra à celles que suggèreront les valeurs culturales. La classification des sols devra donc, en principe et en fait, être reprise par l'agronomie sous son point de vue technique.

Notre contribution à la pédologie des sols du Massif de

l'Espinouze se bornera à l'étude pétrographique de roches mères, de sous-sols et de sols prélevés dans ce massif. Les diagnoses pétrographiques constituent des éléments de comparaison que l'agronomie doit considérer comme particulièrement probants pour l'identification des sols sous un même climat, puisqu'elles indiquent la nature et l'état de tous leurs matériaux cristallisés constitutifs.

Ces observations datent de 1906, époque où l'un de nous, en collaboration avec Auguste Delage, professeur à la Faculté des Sciences de Montpellier, a fait l'étude pétrographique de roches et de terres prélevées dans la commune de Pont-de-Larn, non loin de Mazamet (Tarn). C'est au mémoire (1) alors publié que nous empruntons la plupart des renseignements qui vont suivre.

Étude pétrographique du schiste séricitеux granulitisé du Massif de l'Espinouze et de terres qui en dérivent. — a) *Le Massif de l'Espinouze.* — A cheval sur deux feuilles de la Carte géologique de France, Bédarieux et Castres, se trouve dans les Cévennes un vaste massif siliceux elliptique d'environ 60 km. de grand axe et de 20 km. de petit axe, massif auquel on attribue, tantôt pour toute sa surface, tantôt pour sa partie méridionale seulement, le nom de Massif ou Plateau de l'Espinouze. Il est tout entier constitué par des schistes métamorphisés, traversés par des dykes et des filons nombreux, très diversement développés, de granulite. Sous le point de vue géologique, Bergeron l'a qualifié de Cambrien

---

(1) Etude analytique de terres arables formées par le schiste séricitеux granulitisé, Domaine du Pont-de-Larn (Tarn), par A. DELAGE, H. LAGATU et L. SICARD (*Ann. Ec. Nat. Agr. Montpellier*, 1906, VI, 268-326) ; brochure Coulet et fils, éditeurs, Montpellier, 1907.

Ce travail a conservé toute sa portée et toute sa signification. Il a été précédé d'autres travaux, également objectifs, sur la constitution minéralogique de la terre arable, par les mêmes auteurs. Nous croyons utile d'en donner ici la liste :

Sur la constitution de la terre arable (*C. R. Ac. Sc.*, 1904, 139, p 1043). Sur les espèces minérales de la terre arable (*C. P. Ac. Sc.*, 1904, 139, p.). Constitution de la terre arable (*Ann. Ec. Nat. Agr. Montpellier*, 1905, IV, p. 200-220). Sur les résultats obtenus par l'observation des minéraux de la terre arable en plaques minces (*C. R. Ac. Sc.*, 1905, 140, 1555-1558). La terre de Ségala de Druelle (Aveyron) et sa roche d'origine (*Ann. Ec. Nat. Agric. Montpellier*, 1905, V, 93-110). Etude analytique et pétrographique des terres de la plaine de Loyettes (Ain) (*Ministère de l'Agric. Ann. de l'Hydraulique et des Améliorations agric.* Fasc. 30, 1905).

métamorphisé. On accède à ce plateau, à partir de Saint-Pons, sous-préfecture de l'Hérault, par une route à lacets qui conduit à la commune de Le Soulié, canton de La Salvetat, où se trouve le domaine de Malbosc (feuille de Castres, près de sa limite Est).

b) *Roche originelle.* — Toutes les terres étudiées dérivent d'une même roche, le *schiste sériciteux granulitisé*, roche composée, qui est le mélange intime de deux roches très différentes, dont l'une, éruptive, la *granulite*, a été injectée dans l'autre, le *schiste sériciteux*.

Le schiste sériciteux, quand il est normal, est essentiellement constitué par deux minéraux, le quartz grenu et la séricite, espèce particulière de mica blanc. A ces minéraux essentiels s'adjoignent des minéraux adventifs qui, par le fait qu'ils sont adventifs, peuvent d'ailleurs manquer complètement.

La granulite est définie, d'une manière générale, par Fouqué et Michel-Lévy par la constitution suivante : « Minéraux du premier temps de la consolidation de la roche : mica noir, oligoclase, orthose, quartz bipyramidé (accessoirement : tourmaline, émeraude, zircon, topaze, sphène, amphibole, grenat, apatite, fer oxydulé). – Minéraux du second temps de consolidation : orthose, microcline et albite, quartz granuleux, mica blanc (accessoirement : oligoclase). » La granulite est reconnaissable, au milieu du schiste sériciteux, par ses gros minéraux et par son mica blanc.

Au contact immédiat de la granulite, on constate le plus souvent que la roche granulitisée est friable. Il y a là une transformation profonde de la roche, dont l'effet est très favorable à la désagrégation mécanique et à la formation de la terre arable, à l'emplacement même occupé par la roche. Ces formes altérées sont donc particulièrement intéressantes pour l'agronome.

Premier échantillon (R. 185). — Pris en un point où la matière granulitique est visiblement moins abondante que dans d'autres points.

Deuxième échantillon (R 178). — Pris en un point assez restreint et voisin du premier, où la roche, particulièrement blanche et brillante, passe dans le pays pour un gisement de terre réfractaire.

Troisième échantillon (R 179). — Prélevé à une assez grande distance des deux autres, en un point, également restreint, où la

roche blanche et mate, présente l'apparence extérieure d'une kaolinisation ; en ce point la granulite est très abondante.

Quatrième échantillon (R 180). — Pris en un point où la roche, de couleur rouge brique, présente généralement la granulite en abondance.

Le tableau XXII montre la composition minéralogique de ces quatre échantillons de la roche.

En dehors de ces points où le schiste se montre altéré, tout le massif est constitué par du schiste séricitenx normal, dans lequel foisonne de la granulite normale, avec la même composition que celle des échantillons que nous venons de décrire. Les différences entre le schiste normal, la granulite normale et ces mêmes roches altérées consiste uniquement dans la désagrégation, dans la prédominance des minéraux micacés blancs, dans l'abondance inusitée des feldspaths, ou bien dans une injection généralement très circonscrite de produit ferrugineux. De là, en effet, la consistance effritée, la couleur blanche ou la couleur rouge. Mais en ce qui concerne l'état même des minéraux, qu'ils soient purs ou qu'ils soient épigénisés, il est le même dans tous les échantillons.

c) *Sols et sous-sols.* — Les terres étudiées présentent un exemple intéressant de diversité géologique se ramenant à une unité pétrographique. Notons d'ailleurs que la diversité géologique est corrélative d'une diversité dans la valeur agricole des terres et dans leur destination culturale, ce qui laisse subsister dans l'esprit de l'agronome tout l'intérêt de la classification géologique des terrains.

Voici les caractéristiques géologiques et agrologiques des sols et sous-sols dont nous donnons (tableau XXIII) la composition minéralogique.

Lauzier. — Terre formée sur place actuellement aux dépens de la roche sous-jacente, qui est le schiste granulitisé, roche *primitive* ou *archéenne*, existant avant tous les sédiments voisins. Cette terre, fournie par un atterrissement de l'époque actuelle, se confond avec l'atterrissement lui-même, lequel se confond avec le schiste séricitenx désagrégé en place. Ce sol est peu caillouteux, peu graveleux, un peu battant, un peu humifère, le sous-sol est semblable. Ici la roche altérée se désagrège sur place. Les cailloux formés par cette roche ne sont ni roulés ni arrondis ; il y a déplacement sous l'influence des eaux de ruissellement. C'est exactement de cette façon que s'est formée la terre du champ d'expériences de Malbosc.

Tableau XXII

MASSIF DE L'ESPINOUZE

ANALYSE MINÉRALOGIQUE (ROCHE)

MINÉRAUX	R. 185 1er échantillon	R. 178 2e échantillon	R. 179 3e échantillon	R. 180 4e échantillon
Quartz	Très abondant	Assez abondant	Très abondant	Très abondant
Séricite	Très abondante	Très abondante	Abondante	Abondante
Mica blanc (muscovite)	Abondant	Présent	Assez abondant	Abondant
Damourite épigénisante	Abondante	Abondante	Abondante	....
Mica noir (biotite)	Abondant	Présent	Rare	Assez abondant
Mica noir décoloré	Présent	....	Assez abondant	Présent
Orthose	Assez abondant	Peu abondant	Abondant	Abondant
Microcline	....	....	Abondant	Abondant
Oligoclase	....	Peu abondant	Rare	Présent
Tourmaline	Rare	Présente	Très rare	Peu abondante
Zircon	Assez abondant	Présent	Présent	Présent
Andalousite	Assez abondante	....	....	....
Ilménite	Peu abondante	....	Peu abondante	Présente
Sphène libre	....	Présent	Rare	Rare
Sphène épigénisant	Peu abondant	....	Présent	Présent
Rutile	Présent	....	Rare	....
Produit talco-micacé	Abondant	....	....	....
Chlorite épigénisante	....	....	....	Rare
Hématite rouge	Rare	Assez abondante	Rare	Abondante
Limonite libre	Très abondante	Très abondante	Rare	Abondante
Limonite épigénisante	Assez abondante	Rare	Rare	Assez abondante

Grand-Pré. — Cette terre est constituée par des *alluvions de l'époque actuelle ;* également aux dépens du schiste granutilisé. Elle est le produit du charriage et de l'épandage, par un petit ruisseau, de l'atterrissement dont nous venons de parler. Sans cailloux et avec peu de gravier, le sol et le sous-sol résultent d'un remaniement lent, tranquille et récent des produits de désagrégation du schiste sériciteux.

TABLEAU

MASSIF DE

ANALYSE MINÉRA

MINÉRAUX	2958-9 Lauzier		2968-9 Grand Pré		2964-5 Pré Champ Rauby	
	SOL	SOUS-SOL	SOL	SOUS-SOL	SOL	SOUS-SOL
Quartz........	Très abondant	Très abondant	Abondant	Très abondant	Très abondant	Abondant
Séricite........	Abondante	Assez abondante	Assez abondante	Abondante	Présente	Présente
Mica blanc (muscovite).	Présent	Présent	Présent	Peu abondant	Présent	Présent
Damourite épigénisante.	....	....	Présente	Présente	....	....
Mica noir (biotite)......	Présent	Assez abondant	Présent	Assez abondant	Présent	Présent
Mica noir décoloré.....	Assez abondant	Présent	Présent	Rare	....	Présent
Orthose........	Assez abondant	Assez abondant	Présent	Assez abondant	Abondant	Abondant
Microcline........	Rare	....	....	....	Très rare	....
Oligoclase........	Présent	Rare	Présent	Présent	Très abondant	Abondant
Tourmaline........	Présente	Présente	Présente	Présente	Présente	Présente
Zircon........	Présent	Présent	Présent	Présent	Présent	Présent
Andalousite........	Présente	Présente	Présente	Présente	Présente	Présente
Ilménite........	....	....	....	....	....	....
Sphène libre........	....	....	....	Présent	....	....
Sphène épigénisant.....	....	....	....	....	....	....
Rutile........	....	....	....	....	....	....
Chlorite épigénisante....	....	Présente	....	Très rare	....	....
Hématite rouge........	Rare	Présente	Présente	Présente	Abondante	Peu abondante
Limonite libre........	Assez abondante	Assez abondante	Abondante	Présente	Abondante	Peu abondante
Limonite épigénisante ..	Présente	Présente	Présente	Présente	Présente	Présente
Pyroxène........	....	....	Présent	....	....	Présent
Quartz calcédonieux.....	....	....	....	....	....	....
Calcite........	....	....	....	....	Rare	....
Fragments de schiste ...	Présents	Présents	Présents	Présents	Présents	Présents

XXIII

L'ESPINOUZE

LOGIQUE (TERRES)

2960-7 Pré Rauby		2960-4 Brugues		2962-3 Clouzou	
SOL	SOUS-SOL	SOL	SOUS-SOL	SOL	SOUS-SOL
Très abondant	Abondant	Tres abondant	Très abondant	Très abondant	Très abondant
Présente	Présente	Abondante	Abondante	Abondante	Abondante
Présent	Présent	Présent	Présent	Présent	Présent
Présente	Présente	...	...	...	...
Présent	Présent	Rare	Présent	Présent	Présent
Présent	Présent	Présent	Présent	Présent	Présent
Abondant	Assez abondant	Abondant	Abondant	Abondant	Abondant
Présent	...	Assez abondant	Assez abondant	Rare	Rare
Assez abondant	Assez abondant	Rare	Rare	Assez abondant	Assez abondant
Présente	Présente	Présente	Présente	Présente	Abondante
Présent	Présent	Présent	Présent	Présent	Présent
...	Présente	Présente	Rare	Présente	Très rare
...	Présente	Très rare	...	...	Très rare
...	...	...	...	...	...
...	Présent	Présent	...	...	Tres rare
...	Présent	...	...	...	...
Présente	Présente	...	...	...	...
Peu abondante	Présente	Présente	Présente	Abondante	Présente
Peu abondante	Abondante	Assez abondante	Assez abondante	Abondante	Présente
Présente	Présente	Présente	Présente	Présente	Présente
Présent	Présent	...	...	...	...
...	...	...	Présent	Présent	...
...	...	...	...	Rare	...
Présents	Présents	Présents	Présents	Présents	Présents

Pré Champ Rauby. — Cette terre est supportée par une *alluvion ancienne de l'époque quaternaire;* elle en constitue un revêtement relativement mince, sans qu'il y ait de transition bien sensible entre la structure très grossière de l'alluvion et la finesse relative de la terre, en sorte que la couche superficielle pourrait provenir par ruissellement du schiste séricitenx voisin.

Pré Rauby. — Cette terre a été fournie par la même *alluvion quaternaire* et dans les mêmes conditions.

Brugues. — Comme la terre suivante (Clouzou), Brugues est formée aux dépens de son sous-sol, qui est l'étage *éocène* (e, g, de la carte géologique). Ce sédiment éocène n'est qu'une accumulation de débris arrachés au schiste séricitenx granutilisé, débris transportés, roulés par les eaux et ayant été soumis à cette action désagrégeante pendant un très long temps. Les eaux éocènes, opérant pendant un temps considérable, ont complètement désagrégé les lits de séricite et de quartz grenu dont est fait le schiste ; il ne reste comme cailloux et graviers que des fragments de quartz, provenant des filons de quartz qui lardent le schiste. On trouve aussi quelques gros fragments de feldspaths provenant des filons de granulite emportés en même temps que le schiste.

Clouzou. — Même origine que Brugues.

Le tableau XXIII montre la composition minéralogique de ces six échantillons de sols et sous-sols correspondants.

La présence, dans la masse du sol, des minéraux cristallisés cités dans les tableaux précédents a pour conséquence la présence, dans cette masse cristallisée, des corps simples qui constituent ces minéraux. On sait qu'à toute espèce minéralogique correspond une composition, non pas absolument constante, mais répondant à un type constant de formule empirique, où certains éléments peuvent se substituer les uns aux autres. Nous donnons ci-après, telles qu'on les trouve dans le *Traité de Minéralogie de la France et de ses colonies* par M. Alfred Lacroix, les formules empiriques des minéraux cités et les substitutions qui peuvent se rencontrer entre éléments du groupe M et entre éléments du groupe R.

d) *Comparaison des terres entre elles et avec la roche mère sous le point de vue de leur constitution minéralogique.* — Toutes ces terres sont constituées par des fragments des mêmes espèces minérales, aux mêmes états de pureté ou d'altération.

Les espèces altérées sont toujours les feldspaths, certains micas, en particulier mica noir et enfin un minéral adventif, l'ilménite. Les minéraux épigénisants sont toujours les mêmes, savoir : la

TABLEAU XXIV

MINERAUX	FORMULE EMPIRIQUE	M	R
Quartz	SiO^2		
Séricite.........	$M^6Al^{12}Si^{12}O^{48}$	$2(K^2Na^2)+4H^2$	
Muscovite	id.	id	
Damourite......	id.	id	
Biotite..........	$M^{15}R^6Si^{12}O^{48}$	3(K, H)+12(Mg, Fe)	Al, Fe
Orthose.........	$K^2Al^2Si^6O^{16}$		
Microcline......	id.		
Oligoclase	$m(Na^2Al^2Si^6O^{16})$ + $n(Ca^2Al^4Si^4O^{16})$		
Tourmaline.....	$M^3Al^4B^2Si^4O^{20}$	H^2, K^2, Na^2, Li^2, Mg, Fe, Mn, Ca	
Zircon..........	$ZrSiO^4$		
Andalousite.....	Al^2SiO^5		
Ilménite	$(Ti, Fe)^2O^3$		
Sphène.........	$Ca\ Si\ Ti\ O^5$		
Rutile	TiO^2		
Chlorite	$H^8M^5R^2Si^2O^{12}$	Mg, Fe	Al, Fe, Cr
Hématite	Fe^2O^3		
Limonite	$Fe^2O^3+nH^2O$		
Pyroxène.......	$MR^2Si^4O^{12}$	Mg, Ca, Fe, Mn, Na^2, Li^2	
Calcite.........	CO^3Ca		

damourite, qui épigénise exclusivement les feldspaths ; les produits ferrugineux, surtout la limonite, qui altère soit les feldspaths, soit le mica noir ; la chlorite qui altère le mica ; enfin le sphène qui épigénise l'ilménite.

Le schiste séricíteux granulitisé, qui est la roche mère commune à toutes ces terres, renferme *tous* les minéraux observés dans les terres. De plus, ces minéraux se présentent dans le schiste, sous les mêmes états que dans les terres, sans aucune manifestation saisissable d'une activité épigénique consécutive à la désagrégation qui a formé ces terres.

C'est sur ce fait, alors en opposition avec la doctrine classique de la kaolinisation des feldspaths dans la terre arable, et en s'appuyant par ailleurs sur leurs autres recherches, que A. Delage et H. Lagatu ont fondé et publié en 1904 leur conclusion : dissolution lente et continue des minéraux dans la terre arable, dissolution immédiatement suivie d'hydrolyse et d'ionisation. On a d'ailleurs la preuve directe de cette solubilité (1).

(1) Une abondante littérature traite de cette importante question de la solubilité des minéraux. Citons en particulier : F.-K. Cameron and J.-M. Bell. *Bull. n° 30, Bureau of soils, U. S. départ. Agriculture*, 1905 ; travail traduit par J.-H.

Conclusions relatives à l'identification des sols formés par le schiste séricitеux granulitisé. — Il est donc démontré que toute terre formée exclusivement aux dépens du schiste séricitеux granulitisé, soit par désagrégation sur place de la roche, soit par désagrégation suivie de transport par les eaux, même à travers les vicissitudes mécaniques des âges géologiques, conserve les mêmes minéraux que le schiste séricitеux granulitisé, non seulement quant aux espèces minéralogiques, mais aussi quant à leur état de conservation.

Il n'y a donc, entre les sols issus du schiste séricitеux granulitisé, que des différences provenant, soit d'une désagrégation en fragments plus ou moins ténus, soit de l'accumulation de ces débris en couche plus ou moins épaisse. Ces différences sont importantes pour la valeur culturale des terres; on ne peut donc pas considérer comme identiques deux sols qui diffèrent à ces points de vue. Mais dès que deux sols, issus du schiste séricitеux granulitisé, se présentent avec des profondeurs comparables et une analogie marquée dans leur constitution mécanique, ils peuvent être considérés comme identiques, car ils ne diffèrent pas de constitution minéralogique.

Dès lors, il est très probable que les résultats culturaux observés à Malbosc dans notre champ d'expériences se retrouveront dans toutes les terres issues du schiste séricitеux granulitisé du Massif de l'Espinouze, pourvu que ces terres soient profondes et que le sable fin y soit prépondérant.

La teneur en humus envisagée comme en relation avec la teneur en azote ne paraît pas importer pour cette identification,

---

Fabre dans les *Annales de l'Ecole d'Agriculture de Montpellier*, 1907. — Voir aussi : George-J. Bouyoucos, *Rate and extent of solubility of Minerals and Rocks under different treatments and conditions. Agricultural Experiment Station of Michigan Agricultural College*, july 1921. — Dans un intéressant travail St J. Thughutt (Sur la solubilité de certains silicates dans l'eau. *Société des Sciences de Varsovie*, 1913. VI[e] année, fasc. 8) conclut que le premier effet de l'eau sur la surface de l'orthose consiste dans une dispersion colloïdale de la matière du cristal. — Ces divers travaux contiennent les autres indications bibliographiques.

Nous prenons connaissance, en corrigeant nos épreuves, du mémoire tout récent de M. Vincent, directeur de la Station d'Agronomie à Quimper : Phénomènes de dissolution dans les sol granitiques de Bretagne, *Annales agronomiques*, 3[e] année, n[o] 3, 1933, p. 323-332. Ce travail, capital dans la question qui nous occupe ici, apporte la documentation chimique qui manque comme complément à notre documentation minéralogique.

puisque nous avons vu la terre de Malbosc, riche en humus, manquer manifestement d'azote pour la pomme de terre.

Retour aux considérations techniques: En quoi les diagnoses minéralogiques éclairent-elles la valeur alimentaire d'un sol ? — Quelle information peut-on tirer, à l'égard de l'alimentation végétale, de la constitution minéralogique d'un sol ? C'est là un problème général, dont on a parlé sans grand profit *in abstracto*, mais dont nous pouvons chercher la solution pour les données particulières des sols, sous-sols et roches mères fournis par le schiste sériciteux granutilisé du Massif de l'Espinouze : en effet, grâce aux résultats culturaux de notre champ d'expériences de Malbosc et aux diagnostics foliaires qui y précisent le mode d'alimentation de la pomme de terre, nous rencontrons pour discuter ce problème, un ensemble documentaire singulièrement complet. Il ne s'agira plus d'incertaines probabilités alimentaires, mais de certitudes expérimentalement acquises, tout au moins à l'égard d'une espèce cultivée.

a) Il est clair que dans une terre la présence d'un minéral contenant un élément donné établit la preuve incontestable de l'*existence* de cet élément dans la terre en question. A ce titre, l'analyse minéralogique démontre que la *potasse* existe dans les terres de schiste sériciteux granutilisé de l'Espinouze, puisque la séricite, la muscovite, la damourite, la biotite et le microcline, minéraux potassiques, y sont en proportion abondante ou notable. On voit aussi que l'existence de la *magnésie* est assurée dans ces terres en raison de l'abondance du mica noir ou biotite. On voit que la présence de la *chaux* est affirmée par l'abondance ou la présence de l'oliglocase. L'existence d'éléments déterminés dans les sols peut donc être établie par la présence des minéraux qui les contiennent comme constituants essentiels. — A ce sujet, il n'est pas sans intérêt de rappeler aux chimistes que cette preuve, quand elle est apportée par une diagnose minéralogique vaut autant que la mise en évidence de ces mêmes éléments par l'analyse chimique. Ainsi l'analyse minéralogique des sols que nous étudions (et de bien d'autres) signale la présence de zircon ou silicate de zirconium ; il sera désormais sans nouveauté de reconnaître par l'analyse chimique la présence courante du zirconium dans les terres cultivées. Ainsi encore l'analyse minéralogique signale dans nos sols (et dans bien d'autres)

la présence d'ilménite, de sphène et de rutile, minéraux contenant du titane : il est donc sans nouveauté de reconnaître ensuite par l'analyse chimique la présence du titane dans les terres cultivées. Mais l'analyse minéralogique au microscope n'étant pas quantitative, l'analyse chimique de la matière totale d'une roche ou d'une terre nous indique, par utile complément, la proportion de l'élément considéré dans la masse de la roche ou de la terre. On sait d'ailleurs que l'étude d'une roche comporte les deux sortes d'analyses.

b) Du fait qu'une terre contient des minéraux plus ou moins riches en un élément déterminé, il ne résulte pas nécessairement que les plantes y puissent trouver la quantité de cet élément qui est nécessaire à leur développement normal. On a cependant établi, nous l'avons vu précédemment, que tous les minéraux ont une solubilité mesurable ; et quand on adjoint à ce coefficient de solubilité, si faible qu'il soit, le facteur temps qui est sans limite, on se persuade aisément que tous les minéraux déterminés par l'examen microscopique contribuent peu ou prou à l'équilibre des solutions très diluées des sols et, par conséquent, apportent leur contribution plus ou moins efficace à l'alimentation des végétaux. Les molécules complexes des minéraux qui, après refroidissement lent, sont formés à partir d'un magma en fusion réalisent un état solide stable ; mais l'ensemble des constituants de ces molécules, dès qu'ils sont saisis par l'eau, ne réalise plus un état stable : il y a hydrolyse. Il se forme des gels colloïdaux, en particulier silice, alumine, hydrate ferrique, lesquels, plus ou moins chargés de combinaisons d'adsorption, constituent la fraction la plus caractéristique du lot argile des sols ; d'autre part, les constituants solubles de la molécule, tels que les éléments alcalins et alcalino-terreux, dès qu'ils dépassent le taux retenu par adsorption, commencent leur destin vagabond et peuvent être absorbés par les racines végétales. Quant à la valeur alimentaire de chaque espèce minérale, sa considération nous fait sortir du domaine de la physico-chimie et nous introduit dans le domaine de la biologie : des expériences directes d'alimentation peuvent seules la déterminer, et bien d'autres facteurs que la simple solubilité entrent en jeu, surtout dans les terres cultivées en place. Prenons, par exemple, le cas de la potasse pour l'alimentation de la pomme de terre dans les sols de schiste séricitenx granulitisé. D'une

part, nos expériences démontrent que la potasse du sol de Malbosc suffit à une très forte production ; d'autre part, les diagnoses minéralogiques signalent dans ce type de sols l'abondance particulière de deux minéraux riches en potasse, le mica séricite et le feldspath orthose. Nous voilà au seuil d'une induction : combien d'agronomes n'hésiteraient pas, dès maintenant, à dire que l'abondance de séricite et d'orthose dans un sol, d'ailleurs profond et finement divisé, assure une alimentation potassique suffisante de la pomme de terre. Mais le chemin logique du raisonnement inductif, qui consiste à découper dans la réalité concrète les conditions nécessaires et suffisantes d'un phénomène, est, comme l'on sait, jonché de faciles illusions ; quand on a vu les découvertes les plus retentissantes naître de la mise au jour d'un facteur nouveau renversant les lois d'induction les plus anciennes et, semblait-il, les mieux établies, on doit se mettre en garde, pour un phénomène complexe d'agriculture, contre les anticipations et les généralisations hâtives. Dans le cas particulier, il est vraisemblable que l'humidité constante du sol doit être aussi un facteur nécessaire. Par ailleurs, quand on sait que le fumier (ainsi que nous le montrerons dans un prochain Mémoire) peut déterminer chez la pomme de terre un sursaut étonnant d'intensité alimentaire, on doit se demander si l'humus abondant de Malbosc ne doit pas être aussi mis en cause. Bref, d'autres essais sont requis avant d'énoncer une telle loi : l'induction est, en agronomie comme partout, une longue patience. Quoi qu'il en soit, nous voyons par cet exemple que la constitution minéralogique d'un type de sol peut contribuer d'une manière intéressante à la recherche d'une technique rationnelle de sa culture.

c) Il serait inexact d'attribuer à l'analyse minéralogique le pouvoir de signaler l'existence de *tous les éléments* récélés par une terre. En effet, l'examen microscopique sur plaques minces à la lumière polarisée n'est correct et spécifique que pour les fragments des minéraux atteignant deux centièmes de millimètre. Par analogie, on peut déterminer les fragments plus petits des minéraux déjà reconnus grâce à leur dimension correcte. Mais on ne peut aller plus loin. Nous pouvons juger par là que les fragments minéraux des lots fins de l'analyse mécanique, limon et argile, ne peuvent pas être spécifiquement caractérisés. A titre de simple hypothèse, quand une terre dérive dans des

conditions apparemment exclusives d'une roche déterminée, l'on peut penser que la plupart de ces fragments ténus sont de même nature que les fragments plus gros déterminés dans la roche ; mais on n'en a pas la preuve. En définitive, même en ne parlant que des produits de désagrégation de la roche originelle, dans toute préparation qui n'est pas exclusivement un sable grossier, il y a de la *terra incognita*. D'où il suit que toute diagnose minéralogique de terre comporte des inconnues que la chimie seule peut révéler. Il est évident, en particulier, que les éléments diffus, en état d'adsorption sur la surface des fragments colloïdaux ou même plus gros, sont inaccessibles à l'observation microscopique, Il suffit même que des fragments soient amorphes pour qu'ils soient indéterminables au microscope. A ce propos il convient de rappeler que beaucoup de matériaux amorphes à l'œil nu paraissent nettement cristallisés et déterminables au microscope polarisant, les calcaires par exemple ; mais il y a des fragments qui, même au microscope, sont sans caractères cristallins. Il y en a aussi qui, quoique de dimensions décelables, sont assez rares pour échapper à une préparation, même quand cette préparation a été faite à partir de terre fine bien brassée. Le chimiste, en effectuant une séparation sur un échantillon beaucoup plus important, pourra les déceler alors qu'ils auront pu échapper au minéralogiste. Enfin certains minéraux ont, à l'égard d'une partie de leur molécule, une composition variable, certains éléments pouvant s'y remplacer mutuellement. La plupart du temps on ne peut dire au microscope à laquelle de ces variétés secondaires appartient le fragment observé ; le chimiste pourra reconnaître la présence de tel de ces éléments, mais sans spécifier de quel minéral il provient. En définitive, si, par la preuve d'existence de certains minéraux, l'analyse minéralogique enseigne la *présence de certains éléments et leur mode de combinaison* il ne faut pas attendre d'elle l'indication complète de tous les éléments inclus dans un sol, ni, parmi les éléments decelés, de tous leurs états de combinaison.

d) Nous trouvons précisément dans les terres de l'Espinouze un cas très remarquable de cette carence éventuelle de l'analyse minéralogique à l'égard d'un élément qui, tout en étant présent, ne se révèle par aucune combinaison possédant des caractères optiques. Il s'agit du phosphore. Après calcination au rouge sombre, les terres fines dont nous avons donné les

diagnoses minéralogiques ont été attaquées à l'acide nitrique bouillant et ont ainsi révélé la présence de quantités notables de phosphore qui, exprimées en anhydride phosphorique, varient de 0,5 à 1 pour mille de terre fine (par exception, dans Grand Pré, cette teneur atteint 2 pour mille). A. Delage, H. Lagatu et L. Sicard (1) disaient à ce sujet : « D'une manière générale, il n'y a pas ici une grande différence entre le sol et le sous-sol d'une même terre quant à l'acide phosphorique. La culture paraît avoir eu, à ce point de vue, un effet améliorant très peu notable, et *les analyses autorisent à penser que l'acide phosphorique, qu'il soit à faible dose ou à dose élevée, provient surtout du fonds.* Quelle forme revêt-il dans les terres ? L'analyse microscopique ne signale nulle part l'apatite (chloro ou fluophosphate de chaux). L'apatite ne paraît d'ailleurs pas contenir l'acide phosphorique à l'état fertilisant, actif. Des combinaisons probablement plus actives que l'apatite et non cristallisées (phosphate ferrique, humus, etc.) doivent recéler l'acide phosphorique dosé. Nous ne sommes pas en mesure de préciser davantage ».

e) La totalité du Massif de l'Espinouze résulte de ce qu'on appelle le métamorphisme régional. Tout fait penser à une première action ayant eu comme résultat le schiste séricíteux, puis à une seconde action de la part de granulite intrusive dans le schiste séricíteux. Le mode de formation du schiste séricíteux demeure un problème discuté. Voir : Eugène Raguin. A propos d'observations récentes sur le métamorphisme dans les chaînes des montagnes (2). Il serait satisfaisant d'y voir une transformation massive d'un ensemble antérieur de sédiments, lesquels, peut-être, recélaient des résidus d'êtres vivants. Mais, pour fonder cette manière de voir, l'étude pétrographique n'apporte aucun argument ; après une minutieuse étude pétrographique des schistes séricíteux du Gard, A. Delage et F. Mourgues (Pétrographie des Cévennes, 1904) écrivaient : « Aucun des échantillons ne nous a absolument rien montré qui puisse le faire soupçonner d'être ou d'avoir été une roche sédimentaire ». Devant cette carence de l'examen pétrographique, on a eu récemment recours à un argument

---

(1) *Ann. Ec. Nat. Agr. Montpellier*, 1907, t. VII, p. 47.
(2) *Rev. génér. des Sces*, 1932, XLIII, 6, 165-177.

chimique ; « La présence de l'acide phosphorique, dans les conditions indiquées, constitue une sorte de réactif permettant de démontrer l'existence originelle d'organismes dans des terrains qui n'en renferment aucune trace aujourd'hui » (1). Par conséquent, la présence d'acide phosphorique diffus dans le schiste séricіteux granulitisé de l'Espinouze concorde avec l'idée d'une origine organique de cet acide phosphorique. Adoptant le vocable créé par W. Vernadsky, nous dirons qu'il faisait partie intégrante de la *biosphère*. Un métamorphisme datant de l'ère archéenne l'en a séparé. Depuis cette époque, c'est-à-dire depuis 1 milliard et demi d'années, chiffre admis par Vernadsky (2), il subsiste dans le schiste à un état tel que, d'après nos expériences, il est directement assimilable par les végétaux : et l'acte par lequel la plante l'assimile fait rentrer cet acide phosphorique dans la biosphère. C'est là, parmi tant d'autres, un exemple par lequel on voit que l'agriculture est une industrie fabriquant des « valeurs vitales ».

Conclusion relative à l'étude scientifique des milieux culturaux. — Un milieu cultural (sol et climat) étant donné, la science peut en faire un objet d'étude et lui appliquer des méthodes d'investigation très diverses. Nous venons de voir, en appliquant quelques-unes de ces méthodes au milieu cultural de Malbosc, qu'elles aboutissent à des résultats, à des mesures de grandeurs, dont l'application technique exige un travail critique, spécial à l'agronome, après quoi, il subsiste toujours de l'incertitude, si l'avis de la plante elle-même n'a pas été enregistré.

Sans méconnaître l'intérêt de tous ces regards scientifiques sur le milieu cultural, ni l'intérêt supplémentaire de la discussion technique qu'ils font naître, ne peut-on pas considérer que l'interrogatoire immédiat de la plante a, pour la technique agricole, tout à la fois le mérite de la simplicité et de la sécurité ?

De là l'éminente dignité technique du diagnostic foliaire.

---

(1) L. Cayeux, *C. R. Ac. Sc.*, 1932, 194, 1773.
(2) *Rev. génér. des Sces.*, 1932, XLIII, 17-18, p. 503-514.

CHAPITRE VIII

Conclusion générale

Au-dessus des conclusions énoncées au terme de chacun des chapitres précédents, l'information expérimentale recueillie dans les champs d'expériences de Montpellier et de Malbosc éclaire d'une manière intéressante et opportune certaines idées générales.

Il apparaît bien que, dans l'examen réfléchi de tout problème agricole, l'agronome, pour ne pas dévier de la voie qui est la sienne, doit se dire : Au commencement comme à la fin de mes raisonnements, il y a la plante, c'est-à-dire l'espèce et même la variété végétale que je veux cultiver, avec ses tendances spécifiques et variétales, d'une part et, d'autre part, sa capacité à accepter le mode d'exploitation que je veux lui imposer à la place qu'elle occupe dans l'assolement.

L'agronome doit se dire aussi que, contrairement à un préjugé qui était devenu classique, toute plante peut accepter des modes d'alimentation fort différents les uns des autres, auxquels correspondent des modes différents de développement.

Les *tendances et capacités spécifiques ou variétales*, qui chez la plante correspondent à un optimum d'alimentation et, corrélativement, à un maximum de rendement en un produit défini, *ne s'imposent donc pas*. Elles *se composent* avec les autres forces présentes dans le milieu où l'homme peut intervenir. Mais de toutes manières *elles comptent toujours* (de là les succès de la génétique), *de même que comptent toujours les vicissitudes climatiques et agrologiques* en plein champ et en plein air (de là les types imposés d'agricultures locales).

Il n'y a pas en agriculture de technique générale. On ne se maintient dans le domaine de l'agriculture et, par suite, dans le domaine de l'agronomie, que par la considération simultanée des trois facteurs : plante, climat et sol. Le mode d'alimentation (et par suite le mode de développement et le rendement de la plante) en est la résultante. Le diagnostic foliaire est, au même titre, la résultante de ces trois facteurs, mais résultante

explicite sur le rôle alimentaire de chaque élément, et suggestive de moyens d'action dès qu'on le compare au diagnostic foliaire optimum de la même espèce végétale.

Nous analysons une feuille convenablement choisie et non le végétal entier : 1° parce que l'analyse du végétal entier est souvent empêchée par des difficultés pratiques (arbustes, végétaux annuels à grand développement) ; 2° parce que la feuille est un organe immédiatement sensible aux changements d'alimentation en cours de végétation ; 3° parce que, au cours de son évolution physiologique, la feuille normale n'accumule ni l'azote, ni la potasse, ni l'acide phosphorique et n'obscurcit pas ainsi, en héritant de tout son propre passé, l'influence actuelle des facteurs mis en jeu.

La rationalisation de toute industrie commence par le contrôle du travail des appareils en marche. Or, en agriculture, les appareils en marche sont répartis sur tout le territoire cultivé, en des saisons et sous des climats très divers, ces appareils étant eux-mêmes des végétaux très différents, se succédant de manière également très diverse. C'est sur tout cet ensemble que le contrôle doit s'exercer. On ne le fait point, et c'est pourquoi l'agriculture n'est pas rationalisée.

Le diagnostic foliaire paraît offrir un moyen de contrôle par un travail et des frais qui sont insignifiants par rapport au travail et aux capitaux engagés dans chaque exploitation. Il pourrait donc servir au contrôle et, par suite, à la rationalisation de l'agriculture.

CONTRIBUTION A L'ÉTUDE DU CLIMAT
DE L'HÉRAULT

Par **L. CHAPTAL**
Directeur de la Station de physique et de climatologie agricoles de Montpellier.

Les zones climatiques et agricoles du département de l'Hérault. — Les conditions atmosphériques sont le principal facteur de la variation de la production agricole dans le temps et dans l'espace : elles déterminent la répartition des cultures à la surface de la terre et sont la cause des années d'abondance et des années de disette.

Quand on veut faire l'étude critique de la production agricole d'un pays, il faut par conséquent se préoccuper des conditions atmosphériques que les êtres vivants ont habituellement à y supporter, c'est à dire de son climat.

Pour connaître le climat d'un département, il est nécessaire d'avoir à sa disposition une longue série d'observations effectuées simultanément dans un assez grand nombre de postes judicieusement répartis. Une telle documentation n'existe pas dans l'Hérault. Il est cependant possible, à l'aide des renseignements que l'on possède, de voir comment varient dans le courant de l'année, et suivant la région considérée, les trois éléments du climat qui paraissent avoir une action prépondérante sur la végétation : la chaleur, l'eau et la lumière.

Les principales sources que nous avons utilisées à cet effet sont : le Bulletin et les Archives de la Commission Météorologique de l'Hérault ; les Annales de l'École Nationale d'agriculture de Montpellier ; les registres et les archives de la Station de Physique et de Climatologie agricoles de Bel-Air ; le Bulletin de la Société languedocienne de géographie ; les Annales du

bureau central météorologique et aussi divers travaux qui ont été publiés sur le climat de Montpellier et de la région.

Le département de l'Hérault a l'aspect d'un vaste plan incliné du Nord au Sud avec une altitude variant de 0 à 1.181 mètres. Il résulte de cette différence d'altitude que l'on trouve dans un espace relativement restreint, des conditions atmosphériques qui, à altitude constante, ne s'observeraient que sur une grande différence de latitude.

Les météorologistes sont d'accord avec les botanistes et les zoologistes pour diviser le département de l'Hérault en un certain nombre de zones, orientées suivant la direction SW-NE, c'est-à-dire sensiblement parallèles au littoral. Ces zones sont :

1° la zone littorale, de faible altitude, voisine de la mer, C'est la région des dunes, des étangs, des marais salants et des terrains salés. On y rencontre quelques vignes dans les sables et quelques bosquets de pins d'Alep.

2° la zone intermédiaire, d'altitude moyenne, constituée par des plaines et des coteaux peu élevés ; c'est la région viticole, et aussi celle des oliviers, et autrefois des mûriers et des amandiers.

3° la zone montagneuse, à plus grande altitude, est nettement divisée en deux parties par la ligne de faîte qui sépare le bassin de l'Orb du bassin de l'Hérault. A l'ouest de cette ligne se trouvent des massifs montagneux de roches anciennes se rattachant aux Cévennes et dénommés, selon les auteurs : Montagne Noire, Monts de l'Espinouze, Monts du Sommail. Ils sont recouverts de prairies et de forêts dans lesquelles le chataîgnier domine.

A l'est ce sont des terrains calcaires appartenant aux derniers contreforts du Causse du Larzac et dont l'altitude est sensiblement moins élevée que celle de la partie ouest. Ils forment les régions de l'Escandorgue et des Garrigues, pays de pacages, de taillis de chênes verts où l'élevage des ovins est très développé.

Le climat de la zone montagneuse . — On connaît le climat de la partie la plus haute du département, c'est-à-dire de la région montagneuse du Nord-Ouest, par 26 années consécutives d'observations (1877-1902) faites à Fraisse-sur-Agout (altitude

	TEMPÉRATURE					PLUIE	HUMID.	EVAPOR.	PRESSION
	Moyenne	Maxima	Minima	Maxima absolu	Minima absolu	Moyenne	Moyen	Moyenne	Moyenne
Décembre	2.59	6.38	—1.19	19.0	—16.8	143.56	78.64	0.56	694.7
Janvier	1.79	5.55	—1.97	17.7	—19.6	186.90	73.95	0.55	696.4
Février	3.15	7.51	—1.19	20.4	—19.0	148.57	73.67	0.81	695.8
Mars	4.79	9.52	0.07	26.0	—13.6	141.21	70.34	1.36	694.2
Avril	7.87	12.71	3.03	28.9	— 6.8	147.95	68.89	1.86	693.4
Mai	11.34	17.14	5.55	29.0	— 2.8	122.59	66.88	2.55	695.4
Juin	15.34	21.45	9.23	33.6	2 0	88.78	67.16	2.82	697.7
Juillet	17.42	24.33	11.04	35.3	1.6	47.43	64.24	3.28	697.9
Août	17.58	24.29	10.87	37.2	1.5	64.07	65.56	3.00	697.4
Septembre	14.64	20.57	8.72	33.2	— 4.3	104.69	70.57	2.04	697.6
Octobre	9.65	14.59	4.72	25 2	—10.9	144.00	76 87	1.21	695.9
Novembre	5.96	9.96	1.96	23.0	—13.5	175.33	79.79	0.85	696.0
Hiver	2.51	6.48	—1.45	20 4	—19.6	479.05	72.45	0.67	695.6
Printemps	8.40	13.35	2.94	29.0	—13 6	411.75	67.89	1.93	694.3
Eté	16.86	23.35	10.38	37.2	1.5	201.52	65.65	3.07	697.7
Automne	10.08	15.04	5.13	33.2	—13.5	426.57	75.70	1.36	696.5
Année	9.65	14.36	4.25	37.2	—19.6	1510.11	67.09	1.78	696 0

(1) Par suite de lacunes, les valeurs saisonnières et annuelles ne sont pas égales aux totaux des valeurs mensuelles correspondantes.

930 mètres), par M. Vidal et récemment dépouillées et condensées dans le tableau ci-après par Mlle Trinquier.

Située au sud du Plateau Central et traversée par la ligne de partage des eaux qui sépare le bassin de la Garonne de celui du Rhône, cette contrée présente certaines caractéristiques du climat girondin.

La température moyenne annuelle de Fraisse est 9° 65 ; le mois le plus chaud, août, a une température moyenne de 17° 58 ; il est suivi de près par juillet 17° 42.

Le mois le plus froid est janvier : 1° 79. Fraisse a 4 mois froids (mois dont la température moyenne est inférieure à 5°) et aucun mois chaud (mois dont la température moyenne est supérieure à 20°) Les températures extrêmes relevées pendant la série 1877-1902 sont : 35° 3 et — 19° 6.

La hauteur annuelle moyenne de pluie est : 1.505 mm. 21 (le double de celle de Montpellier) ; la hauteur maximum 2.186, la hauteur minimum 622. une seule fois pendant les 26 ans le total annuel a été inférieur à 1 m.

Cette forte pluviosité paraît due à l'accumulation et à la condensation sur une région relativement froide, de masses nuageuses poussées par les vents marins. La saison la plus pluvieuse est l'hiver ; l'automne et le printemps donnent des quantités d'eau à peu près égales ; mais un peu moins forte que l'hiver. Quant à l'été, tout en étant beaucoup moins pluvieux que les autres saisons, il est encore relativement humide (201 mm. 52).

Si nous admettons la convention d'après laquelle un mois est sec quand le total de ses précipitations exprimées en millimètres est inférieur au double de sa température moyenne, il n'y a à Fraisse aucun mois sec.

On peut définir le climat de Fraisse un climat tempéré, moyen et pluvieux, à l'état hygrométrique assez élevé.

A trente kilomètres environ à l'est de Fraisse, Bédarieux, situé à 201 m. d'altitude, à la limite de la région montagneuse de l'Ouest, reçoit beaucoup moins de pluie: 1.054 mm. 5 (moyenne 1891-1900), irrégulièrement répartis entre les divers mois. Bédarieux possède d'ailleurs un climat qui se rapproche par

plusieurs points, notamment par ses étés secs et ses automnes pluvieux, de ceux des régions plus basses du département.

Dans la zone montagneuse du Nord-Ouest, comme dans tout l'Hérault, il tombe assez souvent des pluies très violentes, qui donnent en peu de temps de fortes hauteurs d'eau. Ainsi, du 24 février au 2 mars 1930, M. Chabaud a recueilli à St-Gervais-sur-Mare (altitude 336 m.) 490 mm. 5 de pluie, dont 192 dans la journée du samedi 1er mars. Ces averses torrentielles, arrivant sur un sol fortement en pente et un peu perméable, ruissellent rapidement et provoquent des crues souvent désastreuses.

Sur les derniers contreforts du Larzac, c'est-à-dire dans la zone montagneuse du NE du département, le climat, quoique moins rude que dans les montagnes du Nord-Ouest, est cependant assez pénible à supporter à cause de ses variations accentuées et rapides. Tandis que l'hiver, le vent qui balaye les plateaux rend le froid très vif, l'été est brûlant et excessivement sec par suite de la rareté des pluies et de la nature du sol. La hauteur totale annuelle des précipitations est cependant élevée, mais elles tombent surtout en automne, et souvent sous forme de violentes rafales.

Les données suivantes, tirées de quelques années d'observations faites à Saint-Martin-de-Londres (altitude 199 m.), situé tout à fait à l'W de cette contrée, confirment les renseignements précédents : température moyenne annuelle 12°75, mois le plus chaud juillet, 22°97, mois le plus froid décembre, total annuel de la pluie 965 mm. 12.

La température et l'insolation dans la zone viticole. — Bien que située à une faible distance de la mer (9 kil. environ), Montpellier ne jouit pas d'un climat marin et ses caractéristiques climatiques peuvent être regardées comme étant celles de toute la zone viticole du département.

Nous avons réuni dans un tableau les valeurs mensuelles et saisonnières des principaux facteurs climatiques. La plupart des éléments du tableau et des remarques qui suivent sont extraits d'un travail intitulé : *Les caractéristiques du climat de Montpellier*, que nous avons fait, il y a quelques années, et qui a paru

dans le *Bulletin de la Société languedocienne de géographie.* La température moyenne annuelle de Montpellier, 14°43, est relativement élevée ; le mois le plus chaud est juillet, 23°68, le plus froid janvier, 6°18. L'année comprend trois mois chauds, aucun mois froid.

En général, les variations journalières et annuelles de la température ont une grande amplitude ; les températures extrêmes enregistrées pendant la période 1873-1922 sont : 42°9 et —14°5.

Le dépouillement des observations journalières permet de constater que le thermomètre ne descend à zéro et au-dessous qu'une quarantaine de jours par an et que les périodes froides y sont courtes et peu fréquentes. Si l'on fait pour chaque jour la moyenne des minima relevés pendant les 50 années d'observations, on ne trouve aucune valeur inférieure à zéro.

D'après Houdaille, les dates extrêmes auxquelles, de 1873-1900, le thermomètre (placé à 2 m. sous abri) est descendu au-dessous de zéro s'étend du 8 octobre au 16 avril au-dessous de —5, du 27 novembre au 12 mars. Quant aux minima inférieurs à —10, ils sont très rares ainsi que les journées de gelée totale.

Parmi les périodes froides, le mois de février 1929 mérite une mention spéciale : on a noté ce mois-là 19 jours de gelée sous abri et pendant la période 12-15 février, les écarts de températures moyennes journalières avec les normales correspondantes ont oscillé entre —13 et —14°. De plus, les 13 et 14 ont été deux journées consécutives de gelée totale, c'est-à-dire pendant lesquelles le thermomètre est constamment resté au-dessous de zéro.

Chassant, qui s'est occupé de la fréquence des gelées de printemps, a relevé que, de 1893 à 1902, le thermomètre non abrité placé à 0 m. 20 au-dessus d'un sol gazonné, est descendu 76 fois du 15 mars à fin mai, au-dessous de zéro ; 52 fois pendant la deuxième quinzaine de mars, 22 fois en avril, et 2 fois au cours de la première quinzaine de mai.

La saison chaude est en général longue avec des maxima élevés ; Rey a trouvé dans la série 1873-1911, 2.307 maxima supérieurs à 30° ; 467 supérieurs à 35 ; 13 égaux ou supérieurs à 40. Pendant l'été 1923, qui a été exceptionnellement chaud du 11

	TEMPÉRATURE						DURÉE(2) de INSOL.	PLUIE				HUMID.	PRESS.
	Moyenne	Maxima	Minima	Maxima absolu	Minima absolu	Jours(1) gelée		Moyenne	Maxima	Minima	Nombre de jours	moyen	moyenne
Décembre .	6.98	11.86	2.09	25.4	—10.0	11.11	98.00	64.4	297.0	4.0	10	78.40	758.66
Janvier....	6.18	11.28	1.08	23.8	—14.5	11.89	109.01	67.9	276 0	0.0	9	77.47	760.39
Février....	7.58	13.14	2.02	25.0	— 9.1	8.75	140.00	49.2	192.3	0.0	9	72.46	759.17
Mars	9.99	15.89	4.10	29.7	— 7.4	4.14	184.01	59.7	165.4	3.5	9	66.40	756.78
Avril......	13.16	19.15	7.17	31.3	— 4.9	0.39	193.03	71.9	253.6	1.7	10	61.80	755.59
Mai........	16.96	23.57	10.35	39.2	0.5	»	231.02	59.7	203.5	7.7	10	60.90	756.95
Juin.... ..	20.71	27.79	13.64	38.2	4.9	»	241.02	46.7	145.5	0.5	8	57.50	757.52
Juillet	23.68	31.44	15.92	42.9	5.6	»	280.01	27.3	119.6	0.0	6	54.20	758.15
Août	23.12	30.57	15.67	39.9	7.5	»	279.03	49.2	202.7	0.0	6	57.90	758.27
Septembre.	19.79	26.58	13.01	40.0	3.0	»	212.03	76.1	405.6	traces	8	64.80	758.91
Octobre....	14.87	20.58	9.17	33.3	— 4.2	0.36	158.00	102.2	479.2	3.3	11	72.10	757.85
Novembre .	10.17	15.31	5.04	25.2	— 8.7	3.04	101.01	79.2	232.1	4.0	10	77.20	757.92
Hiver......	6.91	12.09	1.72	25.4	—14.5	31.75	347.01	181.5	398.2	34.8	28	76.00	759.40
Printemps .	13.37	19.54	7.21	39.2	— 7.4	4.53	608.06	191.3	347.5	30.5	29	63.03	756.44
Eté........	22.50	29.93	15.08	42.9	4.9	»	800.06	123.2	332.5	8.1	20	56.53	757.98
Automne ..	14.91	20.80	9.07	40.0	— 8.7	3.40	471.04	258.0	371.5	88.5	29	71.37	758.22
Année.....	14.43	20.59	8.27	42.9	—14.5	39.68	2226.17	754.0	1150.0	450.85	406	66.73	758.01

(1) Série 1873-1900. Houdaille. — (2) Série 1883-1900. Houdaille.

juillet au 18 août, c'est-à-dire 39 jours consécutifs, le maximum journalier n'est jamais descendu au-dessous de 30 ; 22 fois il a été compris entre 30 et 35, 13 fois entre 35 et 40 et 4 fois il a dépassé 40. Au cours de la même période le minimum nocturne n'a été qu'une fois inférieur à 15° ; 16 fois il a été supérieur à 20 et le 9 août le thermomètre n'est pas descendu au-dessous de 23° 1.

Ce serait une erreur de conclure des données précédentes qu'au point de vue température Montpellier possède un climat nettement continental. S'il est vrai que les extrêmes y atteignent parfois des valeurs élevées, il est tout aussi exact que, comme l'a judicieusement indiqué Moye, à cause de la pureté du ciel, les après-midi d'hiver y sont souvent tièdes et que pour la même raison et aussi à cause du vent, les nuits d'été y sont en général très supportables.

On exprime habituellement la pureté du ciel par la durée de l'insolation et par la fraction d'insolation qui est le quotient de la durée réelle de l'insolation par la durée théorique. La fraction annuelle d'insolation dépasse les années normales à Montpellier, 0,6 alors qu'à Nancy elle est seulement 0,33, de plus la comparaison des mesures actinométriques effectuées en divers points du globe, fait ressortir la transparence exceptionnelle du ciel de Montpellier.

Les précipitations et le régime des vents dans la zone viticole. — Si l'on ne considère que la hauteur totale de pluie Montpellier, où l'on recueille annuellement 754 mm. d'eau, apparait comme étant beaucoup plus pluvieux que Paris ou l'on n'en recueille que 575. La comparaison du nombre de jours de pluie observés dans les deux villes, fait ressortir une différence de sens contraire. Cette opposition est encore beaucoup plus marquée si l'on tient compte qu'à Montpellier sur les 106 jours de pluie, il n'y en a environ que 1/3 ayant donné plus de 0 mm. 4 d'eau et que seules les pluies plus importantes augmentent pratiquement l'humidité du sol.

La quantité d'eau enregistrée à Montpellier étant forte et le nombre de jours de pluie ainsi que sa durée étant relativement

peu élevés, il faut que la vitesse de chute soit grande. On a plusieurs fois observé des précipitations au cours desquelles la vitesse de chute a atteint, à certains moments, 2 mm. à la minute, et aussi des averses torrentielles ayant donné en peu de temps des quantités d'eau considérables.

Martins signale une pluie qui a donné 223 mm. d'eau en 7 heures et nous avons enregistré les 16 octobre 1920, 203 mm. d'eau en 24 heures

La répartition mensuelle et saisonnière de la pluie est très irrégulière. La hauteur mensuelle moyenne varie de 102 mm. 2 en octobre à 27, 3 en juillet. C'est l'automne qui est la saison la plus pluvieuse avec une moyenne de 258 et des valeurs oscillant entre 870,2 et 88,5. La moyenne de l'été atteint seulement 123,2 et les extrêmes 332,5 et 8,1.

A Montpellier, les périodes de sécheresse sont parfois de très longue durée. Du 28 mai au 22 août 1923, par exemple, on n'a recueilli que 9 mm 8 de pluie répartis en 18 jours, c'est-à-dire une quantité d'eau insignifiante.

Dans la région méridionale les brouillards rares et peu denses n'apportent pas beaucoup d'eau au sol. On n'observe à Montpellier qu'une dizaine de jours de brouillard par an, donnant au total dans les 3 mm. d'eau. Les rosées constituent un apport plus considérable que Houdaille a évalué à 8 mm. 2.

A coté de ces sources secondaires de l'humidité du sol, il convient de signaler les dépôts aqueux qui se produisent par adsorption et condensation de la vapeur d'eau atmosphérique sur les corps dont la température est supérieure à celle du point de rosée de l'air. Le phénomène surtout intense pendant la saison chaude, peut dans certaines régions de l'Hérault fournir dans les 200 mm. d'eau par an.

Si l'on admet la règle d'après laquelle on compte comme jour d'orage toute journée pendant laquelle on entend le tonnerre, le nombre annuel de jours d'orage est à Montpellier voisin de 20.

De 1900 à 1920 on a observé en moyenne deux chutes de grêle par an. Le plus souvent ces météores sont constitués par quelques petits grêlons mélangés à beaucoup de pluie et ne causent que de faibles dommages. Entre l'orage à grêle du 28 juin 1874

et celui du 13 mai 1922, on n'a noté aucun dégât sérieux par la grêle à Montpellier.

La neige est également rare et peu abondante, et parfois plusieurs années passent sans que le sol en ait été recouvert. La moyenne de l'ensemble des chutes insignifiantes ou notables est de une à deux par an. De 1883 à 1901 on ne compte que trois chutes ayant donné chacune une couche atteignent 0 m. 50.

Les vents les plus fréquents sont ceux du secteur Nord (mistral et tramontane) qui soufflent avec une grande violence et persistent plusieurs jours consécutifs, parfois une semaine et jusqu'à 12 jours. Viennent ensuite, par ordre de fréquence, les vents du secteur Est (grec et levant), environ deux fois moins fréquents que les vents du Nord ; puis les vents d'Ouest (narbonnais), et enfin les vents du Sud (marins) à peu près 3 fois moins fréquents que les vents du Nord.

On peut dire que Montpellier possède un climat tempéré moyen, avec des hivers doux et courts ; dans ce pays, dit Murat : « on est fondé à se plaindre de la rigueur de la saison, lorsque les froids persistent au delà d'une semaine. Les étés sont chauds, longs et secs, mais le vent et le fort rayonnement nocturne favorisé par la pureté du ciel rendent les chaleurs estivales moins pénibles ».

Toute la zone viticole du département possède un climat du même type convenant aux cultures arbustives, à celle de la vigne en particulier. Les quelques observations faites à Clermont-l'Hérault de 1877 à 1886, montrent que les températures mensuelles bien que nettement inférieures à celle de Montpellier, y ont la même allure et que la hauteur totale de pluie : 743 mm. 90, en diffère très peu.

Le climat et la zone littorale. — Il existe aux archives de la Commission météorologique de l'Hérault, un très important travail de M. Floury, sur le climat de Sète. Après avoir rempli avec beaucoup de zèle, pendant plus de 40 ans, les fonctions d'observateur, M. Floury a dépouillé et condensé les résultats de 50 années consécutives d'observations (1875-1924).

Nous avons résumé dans le tableau suivant les principaux

Altitude 30 m. **CLIMATOLOGIE DE SÈTE** Série 1874-1924

	TEMPÉRATURE					PLUIE		HUM'D.	EVAPOR.	PRESSION
	Moyenne	Maxima	Minima	Maxima absolu	Minima absolu	Moyenne	NOMBRE de jours	moyen	journ.	à 9 h.
Décembre	7.34	10.88	3.81	23.2	—10.0	66 5	7	69.15	1.94	761.19
Janvier	6.46	10.14	2 72	21.4	—10.8	60.0	7	67.10	1.91	762.59
Février	7.79	11.76	3.83	22.6	— 7.7	43.7	6	65.02	2.38	761 63
Mars	10.41	14 79	6.03	25.8	— 5 6	47.56	7.2	61.67	3.01	759.48
Avril	13.58	18 59	8.57	29.2	— 2.8	62.4	8	59.73	3.62	758.06
Mai	17.46	22.53	12.40	34 8	0.5	48.3	7.6	58.10	4.07	756.22
Juin	21.41	26.61	16.21	37.6	6.4	38.7	6	55 28	5.10	759.06
Juillet	23.71	29.04	18.39	38.2	9.6	18.0	3.5	54.26	5.78	761.79
Août	23.16	28.44	17.89	39.6	9.4	32.0	4.7	58.86	4.91	761.32
Septembre	19.86	25.28	14.44	36.2	1 5	71.8	5.7	64.07	4.04	760.53
Octobre	15.40	19.40	11.41	29.6	— 4.5	81.7	7.5	66 18	3 00	760.16
Novembre	10.70	14.13	7.37	25.4	— 5.0	67.0	8.4	68.60	2.25	760.68
Hiver	7.19	10.93	3.45	23.2	— 10 8	171.0	20	67.19	2.07	761.73
Printemps	13.82	18 64	9.00	34.8	— 5.6	158.0	23	59.82	3.55	757.92
Eté	22.76	28.03	17.50	39.6	9.4	88.5	14.3	56.12	5 31	760.70
Automne	15.16	19.27	11.06	36.2	— 5.0	220 6	21.6	66.28	3.12	760.46
Année	14.79	19.36	10.25	39.6	—10.8	628 2	79	62.35	3.52	760.20

renseignements contenus dans ce travail, qui fait connaître, d'une façon précise, le climat de la zone littorale du département de l'Hérault. Sète a une température moyenne annuelle de 14°79, sensiblement supérieure à celle de Montpellier (14°45). La moyenne des maxima est cependant plus faible à Sète de 1°25 ; par contre celle des minima est plus élevée de 2°. Les extrêmes observés sont 39°6 et —10°8 (Montpellier, 42°5 et —14°5). Ces quelques indications mettent en relief les différences qui existent entre les climats des deux villes : Sète présente des variations annuelles et journalières beaucoup plus réduites, ce qui est une des caractéristiques des climats marins.

Comme Montpellier, Sète a 3 mois chauds, aucun mois froid ; le plus chaud est juillet, le plus froid janvier.

La hauteur annuelle de pluie ne dépasse pas les 5/6 de celle de Montpellier et le nombre de jours de pluie est sensiblement plus réduit.

Alors que d'après la convention indiquée, Montpellier n'a qu'un mois sec, Sète en a trois.

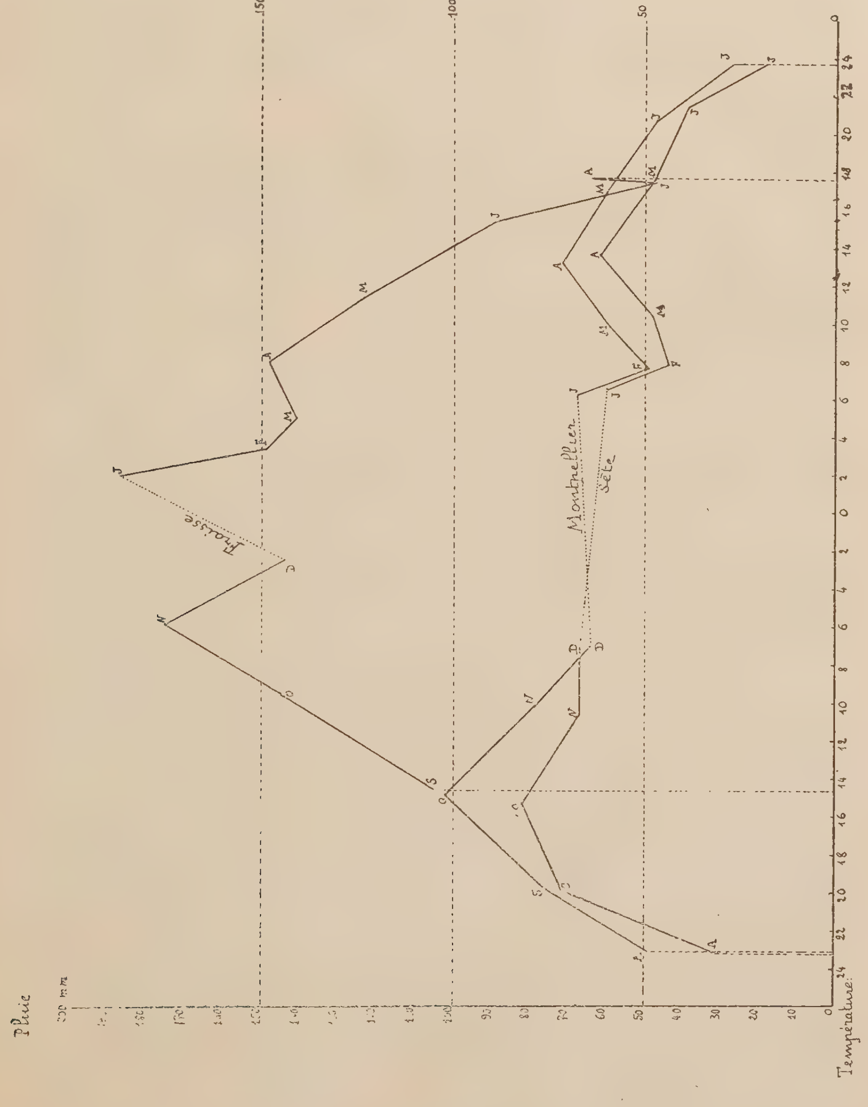
La faible hauteur relative de pluie dans la zone littorale se retrouve dans les observations faites à Palavas de 1873 à 1881 ; la moyenne annuelle de la période est 554 mm. 4, quantité encore inférieure à celle de Sète.

Les caractéristiques et les particularités climatiques des diverses régions de l'Hérault. — La comparaison des deux principaux éléments du climat pour lesquels nous possédons des données précises (température et pluie) dans les trois stations de Fraisse, Montpellier et Sète, confirment les remarques faites par Crova et Houdaille, au sujet de la répartition de ces éléments à la surface du département.

Les courbes des températures montrent que l'on trouve dans l'Hérault des conditions climatiques très variées allant du climat marin au climat continental assez rigoureux à cause du voisinage d'un massif montagneux important, couvert de neige en hiver.

Les courbes de pluie indiquent nettement l'influence de l'altitude sur les précipitations. Pour faciliter la comparaison des climats de Fraisse, Montpellier et Sète, nous avons réuni dans un

même graphique les données relatives à la température et celles relatives à la pluie.



A cet effet, nous avons porté en abcisses, à droite du point O, des longueurs proportionnelles aux températures moyennes des mois pendant lesquels la température croît ; à gauche du point O, des longueurs proportionnelles aux températures moyennes des

mois pendant lesquels la température décroît. Aux points ainsi déterminés, nous avons tracé des ordonnées proportionnelles aux hauteurs de pluie correspondantes.

Les 3 courbes obtenues en réunissant pour chaque station les extrémités supérieures des ordonnées, sont facilement comparables et font nettement ressortir les différences qui existent entre les 3 climats.

On ne dispose pas d'un nombre suffisant d'observations sur les orages et les chutes de grêle, pour pouvoir étudier d'une façon précise leur répartition. Les bulletins d'orage recueillis de 1903 à 1912, donnent pour l'ensemble du département une moyenne annuelle de 71 journées d'orage.

D'après Vieillot, le nombre d'orages à grêle observés dans l'Hérault de 1875 à 1899, est de 330, ce qui correspond à 13, 2 par an. Un relevé portant sur les années 1903-1912 établi d'après les renseignements publiés dans les Annales du Bureau central météorologique, nous a donné le même nombre. Leur répartition mensuelle est assez différente selon la série considérée, mais toutes les deux font ressortir la fréquence des chutes de grêle pendant la saison chaude et leur rareté pendant la saison froide. La trajectoire de ces orages à grêle est le plus souvent orientée suivant la direction SE-NE. La vallée de l'Hérault (partie moyenne), la vallée du Vidourle (également partie moyenne) la vallée de la Lergue et enfin la vallée de l'Orb, paraissent être les régions les plus fréquemment atteintes.

Les remarques que nous avons faites au sujet des températures enregistrées à Montpellier et à Sète, montrent que ces observations ne font pas connaître les conditions thermiques que les êtres vivants ont à supporter en ces lieux.

Nous avons indiqué qu'il ne fait pas plus chaud à Sète qu'à Montpellier, bien que la température moyenne y soit plus élevée, l'excès étant dû à des minima moins accentués, non à des maxima plus élevés.

D'autre part les hautes températures observées à Montpellier ont leurs effets atténués par le vent.

Le climat d'un lieu peut être défini la succession habituelle des résultantes des actions simultanées et réciproques des divers

éléments climatiques. C'est cet ensemble complexe qui se traduit par la physionomie caractéristique du pays et en particulier par sa faune et par sa flore.

Il s'ensuit que pour déterminer, au point de vue écologique. les conditions atmosphériques, les valeurs moyennes et extrêmes des divers facteurs climatiques envisagés séparément sont insuffisantes.

La température prise sous abri, selon la convention en vigueur, ne fait pas connaître les conditions thermiques que supportent réellement les animaux vivant en plein air et les végétaux exposés pendant le jour aux radiations solaires et la nuit au rayonnement nocturne. L'égalité de température de l'air en deux points différents, n'implique pas du tout l'égalité des conditions thermiques des deux milieux écologiques.

De même des durées d'insolation égales ne signifient pas des conditions d'éclairement équivalentes. Toutes les autres conditions étant identiques, selon l'épaisseur atmosphérique traversée et par conséquent selon la latitude et le moment de la journée la proportion de la lumière arrivant au sol est différente.

On sait aussi que la hauteur de pluie recueillie n'exprime pas son effet humectant qui dépend non seulement de la quantité d'eau tombée, mais aussi de sa vitesse de chute et de la profondeur à laquelle elle a pénétré.

Dans l'étude agricole des climats ce sont les effets possibles des phénomènes météorologiques qu'il faut s'efforcer d'exprimer plutôt que la mesure de l'intensité des causes.

C'est la différence qui existe entre la climatologie agricole et la climatologie générale.

Deux branches de la science agronomique se partagent l'étude du milieu physique : la chimie agricole qui s'occupe du sol ; la climatologie agricole qui s'occupe des conditions atmosphériques. Pour permettre à la Chimie agricole de remplir son rôle, on l'a dotée de méthodes particulières adaptées aux buts poursuivis ; les exemples cités montrent qu'il est indispensable de faire la même chose pour la climatologie agricole si l'on veut qu'elle rende tous les services que l'on est en droit de lui demander.

La lutte contre les conditions atmosphériques défavorables aux cultures dans le département de l'Hérault.

L'extension du vignoble et la répartition des cultures dans le département de l'Hérault s'expliquent par la nécessité pour l'agriculteur d'adapter les cultures aux conditions atmosphériques du milieu. Ce ne sont d'ailleurs pas les seuls moyens employés par les agriculteurs de l'Hérault pour utiliser au maximum les conditions atmosphériques favorables et lutter contre les conditions atmosphériques défavorables. Nous ne signalerons que pour mémoire la défense contre les effets désastreux des précipitations massives par le boisement ; la protection des cultures contre le vent par les abris végétaux ; la lutte contre la sécheresse par les irrigations et les méthodes de culture appropriées ; l'utilisation de la force motrice des vents au moyen des moteurs éoliens, etc... ce sont des pratiques courantes employées un peu partout. Nous devons par contre rappeler que c'est dans l'Hérault qu'est né le service de la prévision régionale des gelées de printemps et des avertissements contre les parasites de la vigne.

En 1898 à la suite d'une gelée de printemps qui enleva en une seule nuit plusieurs millions d'hectolitres dans le département, la Société centrale d'agriculture demanda au professeur Houdaille, directeur de la station météorologique de l'Ecole nationale d'Agriculture, d'organiser un service régional de prévision du temps et d'avertissements agricoles.

Pendant 25 ans, de 1898 à 1914, et de 1918 à 1926, du 15 mars au 15 juillet, la Station a adressé chaque jour aux abonnés (qui versaient une somme de 50 fr. à l'administration des postes) un télégramme indiquant : le temps qu'il faisait à Montpellier et à l'Aigoual ; les phénomènes météorologiques accidentels observés dans la région ; le temps probable pour la journée du lendemain ; des indications, étant donné les conditions atmosphériques prévues, sur les travaux à effectuer et les mesures à prendre contre les intempéries et les parasites.

C'est en présence des résultats pratiques obtenus par cette organisation adaptée aux besoins de la région, que fut créée en

1912, le Service de la météorologie agricole. Le décret constitutif prévoyait dans chaque région agricole l'existence :

1° d'une station de météorologie agricole, chargée de l'élaboration des avis régionaux de prévision du temps ;

2° d'une station d'avertissements agricoles, chargée de fournir des indications sur les différents travaux agricoles à effectuer, étant donné l'état des cultures et le temps probable.

Cette organisation rationnelle n'a jamais été réalisée ; après la guerre, pour des raisons variées, le service de la prévision du temps a été centralisé à l'Office national météorologique. La méthode des prévisions régionales faites sur place préconisé par la plupart des météorologistes, notamment par Le Verrier et qui a donné de très bons résultats à Montpellier, et aussi aux armées pendant la guerre a été abandonnée. On lui a substitué la méthode opposée des prévisions faites à distance par un organisme central et destinée aux aviateurs, aux marins, aux agriculteurs et aux touristes.

La station de météorologie et d'avertissements agricoles de Montpellier a toutefois continué à fonctionner jusqu'en 1927, époque à laquelle elle a été réorganisée et transformée en établissement de recherches. Elle disposait alors de 60 postes (dont l'observatoire de l'Aigoual), répartis dans l'Hérault et le Gard, qui lui adressaient régulièrement leurs observations météorologiques et viticoles. Par suite de sa réorganisation, son bulletin de prévision a été supprimé ainsi que son télégramme quotidien et c'est la station de viticulture de l'Ecole nationale d'agriculture qui a été chargée du service des avertissements agricoles. Chaque fois qu'elle le juge opportun, le station de viticulture fait paraître dans la presse et diffuser par le poste radiophonique de Montpellier Languedoc, des avis relatifs à la lutte contre les parasites de la vigne, le mildiou en particulier. Rappelons à ce sujet que des essais concluants de transmission par téléphonie sans fil des bulletins de prévision et des avertissements agricoles ont été faits par la Station météorologique de Montpellier, en 1918, puis en 1920, pendant l'exposition de Béziers et que seules des raisons administratives et pécunières l'ont empêché

d'utiliser ce mode de diffusion. Ce n'est qu'en 1922 que le poste de téléphonie sans fil de la Tour Eiffel a commencé à transmettre les bulletins de prévision de l'Office national météorologique et en 1927 seulement ses communiqués agricoles.

Il y a longtemps que les agriculteure de l'Hérault ont reconnu l'influence prépondérante qu'ont les conditions atmosphériques sur le rendement des cultures. Après avoir réclamé et contribué à la création de l'observatoire du Mont-Aigoual, destiné selon l'expression de Viguier « à fournir des données à l'agriculture de la contrée, à sauvegarder ses richesses agricoles... », ils ont été les promoteurs de l'organisation régionale des prévisions et des avertissements agricoles. Il est regrettable que des mesures de centralisation et de monopolisation ne leur aient pas permis de tirer de leurs efforts tout le bénéfice qu'ils étaient en droit d'espérer.

Le désastre provoqué dans le vignoble méridional par l'excessive humidité du printemps et du début de l'été 1932 est une preuve douloureuse des relations qui existent entre le temps et les récoltes et de l'importance que présente pour les agriculteurs l'étude de ces relations.

L. Chaptal.

Montpellier. — Imprimerie Ch. Déhan.

UTILISATION DES MARCS ET DES LIES

Par **Jules VENTRE**

Professeur d'œnologie et des industries agricoles
à l'Ecole nationale d'Agriculture de Montpellier

Les circonstances actuelles font que le producteur doit chercher par tous les moyens à utiliser le plus complètement possible, la matière première dont, il y a seulement une vingtaine d'années, il se contentait de ne tirer que le produit principal.

C'est ainsi qu'à de rares exceptions près, le raisin était surtout considéré comme producteur de vin et les sous-produits de la préparation de celui-ci allaient rejoindre, à la fosse, le fumier d'écurie. On gaspillait ainsi une partie et non la moindre, de la matière première, au grand préjudice de l'économie de la ferme, d'abord, et de l'Economie nationale ensuite.

L'élan de récupération intégrale a été donné par la guerre, qui, en créant des difficultés sans nombre et en s'opposant à l'approvisionnement facile du pays en certaines denrées indispensables, a poussé les producteurs à essayer de tirer le meilleur parti des sous-produits qu'ils avaient à leur disposition, sous-produits dont l'utilisation, étudiée depuis longtemps du point de vue théorique, pouvait simplement n'être envisagée que du point de vue pratique et industriel.

En ce qui concerne l'utilisation des sous-produits de la vinification, elle était déjà réalisée en grande partie dans les pays étrangers et plus particulièrement en certaines régions d'Italie. Chez nous, elle se limitait à peu près strictement à la distillation des marcs, dans quelques exploitations ou quelques distilleries. Elle était donc loin de présenter le caractère de généralité qu'elle revêt actuellement.

Quant à la récupération des produits tartriques et de l'huile de pépins, il n'en était pour ainsi dire pas question, sauf en quelques rares régions.

Il est bon de reconnaître que l'esprit coopératif a beaucoup fait pour réaliser l'utilisation, aujourd'hui presque intégrale, des sous produits de la vinification, et le nombre d'organismes créés dans ce but est considérable, surtout dans les régions de grosse production.

Cependant, nombre de régions viticoles s'en tiennent encore aux anciens errements et laissent perdre chaque années des sommes considérables dont la récupération pourrait avoir sur l'Economie générale une répercussion des plus heureuses.

La question que je vais avoir l'honneur de traiter devant vous a surtout pour objet d'attirer l'attention des producteurs sur l'intérêt qu'il y a à ne rien laisser perdre de la matière première exploitée et d'en tirer le maximum de profit, de façon à diminuer dans une large mesure le prix de revient du produit principal, qui reste encore le vin.



Les sous produits de la vinification dont nous pouvons réaliser l'exploitation immédiate et peu onéreuse sont au nombre de deux. Ce sont par ordre d'importance :

les marcs de raisins cuvés ou non,
les produits tartriques, tartres et lies.

Marcs de raisins. — Les marcs de raisins cuvés ou non seront surtout utilisisés par la distillerie, mais dans certaines régions privilégiées, ils pourront encore être exploités pour la récupération des produits tartriques qui s'y trouvent en abondance, soit sous forme de bitrartrate de potassium, soit sous forme de tartrate de calcium.

Enfin, on pourra essayer encore de récupérer, après qu'ils auront été épuisés de leur alcool et de leur tartre, les pépins qu'ils renferment en grande abondance, et cela dans le but d'en extraire de l'huile.

Utilisation dernière, les marcs pourront encore être employés, soit dans la préparation de provendes alimentaires, soit dans la préparation de composts enrichis par l'addition de matières ferti-

lisantes, lorsqu'ils auront été débarrassés de tout ce qui a une valeur propre.

Grâce aux coopératives de distillerie, groupant généralement sur un même point des tonnages importants de matière première, il sera facile de réaliser ces diverses utilisations aux mieux des intérêts des producteurs.

Distillation des marcs. — Cette opération peut porter indifféremment et avec des résultats très approchés, soit sur des marcs ayant subi le cuvage, soit sur des marcs provenant de la préparation de vins blancs. Dans ce dernier cas, il suffit simplement de prendre certaines précautions pour permettre au sucre qu'ils renferment de se transformer en alcool.

En effet, si on soumet immédiatement à la sortie du pressoir ces marcs à la distillation, ils ne donnent pas d'alcool, mais si on a soin de les ensiler après les avoir émiettés, dans des cuves étanches et soustraits à l'action de l'air par une couche de terre ou de sable, il s'établit une fermentation alcoolique et, au bout de deux à trois semaines, le sucre aura complètement disparu, ayant fourni l'alcool correspondant.

Si on veut hâter la fermention de ces marcs et obtenir des rendements supérieurs, on le peut, en les arrosant au fur et à mesure du remplissage des silos, avec un peu d'eau tenant en suspension des lies de vin ou, mieux encore, des levures pures. Mais la quantité d'eau à ajouter ne devra jamais excéder le 3 o/o du poids du marc ensilé, soit 3 litres par quintal métrique de matière mise en œuvre.

Il arrive fréquemment que sous le prétexte que les marcs ne proviennent pas de vendanges ayant cuvé, les distillateurs, et même certaines coopératives, font des difficultés pour les recevoir, ou ne les acceptent que sous certaines conditions. Des expériences, effectuées à diverses reprises et sur des marcs de diverses origines, ont montré que lorsque les moyens adoptés au cours de vinification étaient normaux, les proportions d'alcool produit dans le cas des marcs cuvés et dans le cas des marcs frais après fermentation étaient très comparables.

Qu'il s'agisse de marcs cuvés ou de marcs frais, l'opération qui doit retenir plus particulièrement l'attention des distillateurs est celle de l'ensilage, car elle conditionnera les rendements en alcool. En effet, dans le cas des marcs cuvés, comme dans le cas des

marcs frais, ceux-ci ne pourront conserver leur alcool ou ne fermenter dans de bonnes conditions qu'autant que l'ensilage aura été bien effectué ; il faut que l'air rentré dans le marc soit aussi complètement que possible chassé ; en outre, il y a un intérêt primordial à ce que le tassage soit encore plus parfait, sur tout le pourtour du récipient, de façon à éviter les poches d'air, génératrices de moisissures et d'aigre. Ces précautions prises, les marcs pourront se conserver pendant un temps très long sans perdre sensiblement de leur valeur.

S'il s'agit de marcs cuvés desquels on veut par la suite retirer les produits tartriques, il sera nécessaire de les traiter un peu différemment. Comme les produits tartriques peuvent servir d'aliments aux ferments de la tourne qui se rencontrent très souvent dans les marcs, il faudra s'opposer au développement et à la multiplication de ceux-ci en acidifiant légèrement le milieu avec un acide minéral, chlorhydrique ou sulfurique et mieux par ce dernier, si on doit distiller les marcs avant de passer à la récupération des produits tartriques.

Dans ces conditions, les marcs seront traités par une solution d'acide sulfurique à environ 2 o/o — un litre d'acide sulfurique dans 100 litres d'eau — que l'on pulvérisera au fur et à mesure de la formation du silo dans la proportion de 3 litres de solution pour 100 kgr. de marc.

Récupération de l'alcool. — La récupération de l'alcool peut se faire de deux façons différentes, soit que l'on opère directement sur le marc, soit que l'on distille le produit du lavage des marcs, c'est-à-dire la piquette.

Dans le premier cas, on se sert d'appareils à calandres, sortes de vases dans lesquels le marc sera soumis à l'action de la vapeur d'eau, jusqu'à épuisement de son alcool ; dans le second cas, on fait appel au lavage méthodique tendant à épuiser complètement le marc de l'alcool qu'il renferme. Mis en contact plus ou moins long avec l'eau, le marc cède par osmose les liquides qui se trouvent dans ses cellules, en même temps que se dilue le liquide alcoolique qui les imprègne.

L'expérience montre que l'on a un intérêt très net à opérer par distillation directe, car, par diffusion, il y a une perte sensible d'alcool, les échanges osmotiques se faisant très lentement et ne permettant pas la sortie intégrale des liquides alcooliques.

Autrefois, la pratique du lavage se justifiait, car les alcools produits étaient considérés comme des alcools de vin et, à ce titre, étaient cotés beaucoup plus haut que les alcools de marcs provenant de la distillation directe de ceux-ci ; la différence de cours compensait, et au delà, les pertes.

Aujourd'hui, la rectification étant entrée dans la pratique courante, il n'en est plus de même et les différences de cours entre les alcools de vin et les alcools de marcs ne sont plus suffisantes pour justifier une perte.

La distillation ne peut donner des produits vraiment intéressants qu'autant que le marc mis en œuvre est parfaitement sain. Lorsqu'il est aigre ou atteint de la maladie tartrique, les alcools obtenus sont nettement de qualité inférieure, car ils se présentent à la dégustation avec le caractère de piqués. Si, normalement, on rencontre, même et dans les meilleures eaux-de-vie et dans les meilleurs alcools, une certaine acidité, il ne faut pas qu'elle soit trop prononcée, car le produit nécessiterait une rectification, opération toujours onéreuse.

On peut, dans une certaine mesure, remédier à ce défaut, lorsque les appareils utilisés au cours de la distillation sont à chauffage direct nécessitant l'incorporation d'une certaine quantité d'eau dans le marc. Dans ce cas, il suffit de neutraliser l'acidité par une addition judicieuse de carbonate de sodium ou de lait de chaux, mais cette addition ne doit pas être faite au petit bonheur, car si la neutralisation était dépassée on aurait à redouter la production d'alcools de couleur bleue et plat de goût.

En effet, sous l'action d'une alcalinité du milieu, les matières azotées qui entrent dans la constitution du marc seraient décomposées et donneraient de l'ammoniaque ; ce corps agissant sur le cuivre des appareils donnerait un ammoniure de cuivre, de couleur bleue ; en outre, la présence d'ammoniaque dans l'alcool se traduirait par une saveur fade et même écœurante. Il vaut donc mieux, dans la majorité des cas, recourir à une deuxième distillation de l'alcool défectueux après l'avoir neutralisé. Ici, l'opération est plus facile et peut être considérée comme absolument mathématique.

Dans les appareils à calandres, il suffit de saupoudrer de chaux la dernière couche de marc pour éviter l'obtention d'alcools acides.

Les marcs de raisins non cuvés peuvent également posséder une odeur désagréable d'hydrogène sulfuré ; en effet, dans le cas où la vendange a été traitée par l'acide sulfureux, l'action réductrice des levures peut donner ce produit. Mais s'il est facile de faire disparaître ces odeurs et saveurs quand il s'agit de vins ou de piquettes, ici le traitement sera plus difficile, car on ne peut pas faire d'aération, ni même recourir à l'action des vapeurs sulfureuses qui seraient de nature à décomposer l'hydrogène sulfuré, avec formation d'eau et de soufre ; mais on peut s'en débarrasser par un traitement des alcools par le permanganate de potassium avant la rectification.

Récupération des produits tartriques. — La récupération des produits tartrique dans les marcs n'est intéressante que dans certaines régions particulièrement favorisées au point de vue de la teneur des raisins en ces éléments et où les cuvages sont relativement longs.

En effet, si du point de vue de la distillation, un cuvage très long se traduit par un enrichissement du marc en alcool, enrichissement qui provient du fait que les échanges osmotiques entre le milieu vin et les cellules du marc ont été plus complètes, il se traduit également par un enrichissement du marc en produits tartrîques et, notamment, en bitartrate de potassium.

On sait que la solubilité de la crème de tartre dans le vin est fonction d'une part de la richesse en alcool, d'autre part, de la richesse du vin en acides organiques autres que l'acide tartrique et en matières alcalines et alcalino-terreuses. Dans ces conditions, les marcs seront d'autant plus riches en produits tartriques qu'ils proviendront de vins plus alcooliques et décuvés froids ; ils seront également riches, lorsqu'ils proviendront de vendanges traitées par de l'acide tartrique, l'addition de cet acide se traduisant toujours par une très grande insolubilisation de crème de tartre ; enfin, ils seront également riches, lorsque par suite d'intempéries, au cours de la maturation du raisin, les proportions de bases et notamment de potasse, absorbées par la plante auront été très grandes.

Par contre, les marcs seront pauvres en ces éléments, quand ils proviendront de vendanges ayant cuvé peu de temps et qu'ils auront été séparés du vin, alors que celui-ci était encore chaud ; ils seront également pauvres quand, toutes choses égales

d'ailleurs, ils proviendront de vendanges fortement sulfitées. Dans ce cas, la solubilité de la crème de tartre sera augmentée et ce sont les récipients contenant le vin qui verront leurs parois se tapisser d'une couche plus importante de cristaux tartriques ; enfin ils seront encore pauvres, lorsque les raisins, au cours de la maturation, auront subi l'action d'une grande sécheresse. L'influence de ce facteur se traduira par une moindre salification de l'acide tartrique.

A côté du bitartrate de potassium, les marcs peuvent encore contenir des proportions assez importantes de tartrate de calcium, notamment dans le cas où ils proviennent de vendanges plâtrées ; mais on peut admettre, en principe, que tous les marcs renferment une proportion non négligeable de ce sel et c'est ce qui justifie certaines méthodes d'extraction des dérivés tartriques.

En effet, il existe dans certaines parties constitutives de la grappe de raisin, du calcium, qui au cours de la macération et par suite des échanges osmotiques qui la caractérisent, forme du tartrate de calcium aux dépens du bitartrate de potassium.

Pendant longtemps, le seul produit que l'on cherchait à récupérer était le bitartrate ; aujourd'hui, on tend de plus en plus à récupérer l'intégralité des sels tartriques.

Extraction de la crème de tartre. — Cette opération de récupération est intimément liée à la pratique de la distillation, et on se contentait généralement dans la plupart des régions viticoles de recueillir simplement l'eau ayant servi à la distillation des marcs et de la mettre dans de bonnes conditions permettant la cristallisation du bitartrate dont elle est saturée.

Mais par cette simple opération, et étant donné la faible quantité d'eau qui reste au contact du marc pendant la distillation, ou laissait dans celui-ci la plus grande partie du sel. En outre, cette extraction n'est possible que dans le cas où on fait appel à la distillation à feu nu, mais elle devient impossible lorsque l'on fait appel à la distillation par la vapeur, procédé qui tend à se généraliser, car il est moins onéreux et de conduite plus facile.

Si donc on veut retirer des marcs, la totalité de la crème de tartre, on est amené à ajouter à ceux-ci aussitôt après leur épuisement en alcool, une quantité d'eau suffisante pour ame-

ner la dissolution complète du sel déposé sur le marc. Si l'on veut récupérer le sel tartrique qui se trouve dans la rafle et la peau en proportion intéressante, il faudra recourir à des moyens plus puissants et plus onéreux et, notamment, à une longue décoction ; c'est ainsi que dans le procédé *napolitain*, la quantité d'eau employée est de 300 litres par quintal métrique de marc mis en œuvre et la durée de l'ébullition doit être au minimum de quatre heures ; il faut, en effet, penser que l'extraction ne pourra être complète qu'à la condition que les échanges entre l'eau et le liquide contenu dans les cellules de la rafle et de la peau seront plus parfaits.

Le procédé par décoction donne toujours des cristaux plus pur, car l'ébullition prolongée des marcs se traduit par une insolubilisation partielle des matières hydrocarbonées, gommes, dextrane et pectines.

Les eaux chargées de sels tartriques sont évacuées dans des récipients généralement en bois où la cristallisation s'effectue par refroidissement. Pour hâter la formation des cristaux, on noie dans les récipients soit des cadres en bois portant un treillis métallique en fil de laiton, soit des cordes, soit plus simplement des rameaux d'asperges sauvages.

Le rendement de cette méthode peut être influencé par ce fait que les eaux étant chargées de matières éminemment fermentescibles peuvent donner asile à des ferments tartriques, qui selon les conditions de température, évolueront en détruisant les cristaux.

Aussi, étant donné d'une part les dépenses d'installation et les risques que l'on peut courir, préfère-t-on faire appel aux méthodes qui visent la récupération totale de l'acide tartrique et sa transformation en tartrate de calcium. Du point de vue économique, surtout si l'on parvient à obtenir des sels se rapprochant de la pureté, l'opération apparaît comme plus intéressante que la précédente.

Extraction de l'acide tartrique total. — Le procédé le plus communément employé et auquel recourent les coopératives de distillerie est celui qui consiste à traiter les marcs par de l'eau acidulée, par de l'acide chlorhydrique. Sous l'action de l'eau acidulée, les sels de l'acide tartrique sont décomposés et l'acide mis en liberté. Les eaux ainsi chargées d'acide tartrique

sont recueillies et traitées par de la chaux ou mieux par du carbonate de calcium et cela jusqu'à neutralisation. Au cours de cette opération, le tartrate de calcium se précipite.

L'acide chlorhydrique employé a une densité comprise entre 20 et 21° Baumé et sa concentration dans l'eau est comprise entre 2 et 3 o/o. Le volume de liquide utilisé correspond sensiblement au poids de matière première mise en œuvre, lorsque celle-ci renferme environ 3 o/o de tartrates.

La précipitation se fait dans des bacs spéciaux munis d'agitateurs. On peut déterminer à l'avance au laboratoire, les quantités de carbonate à ajouter pour précipiter la totalité de l'acide tartrique, mais pratiquement ce sont les ouvriers chargés de ce travail qui, expérimentalement, savent reconnaître avec exactitude le moment où la neutralisation est complète et où on risque d'entraîner des impuretés.

La neutralisation une fois obtenue, les liquides sont envoyés dans des cuves où, par repos, les cristaux précipiteront en laissant surnager un liquide limpide.

La tartrate de calcium est ensuite dirigé sur des essoreuses qui le débarrassent du liquide qui le baigne, puis les cristaux sont soumis à l'action des séchoirs. Il est nécessaire dans cette dernière opération de ne pas atteindre des températures trop élevées, car on s'exposerait à priver le tartrate de calcium d'une partie de son eau de cristallisation ; il risquerait alors de se motter, lorsqu'il se retrouverait au contact d'un air plus ou moins humide.

Récupération des pépins. — La récupération des pépins facilitée par la réunion sur un point déterminé, de masses importantes de marc a été prévue dans un grand nombre de coopératives de distillation, surtout au moment où la crise des corps gras rendait avantageuse l'extraction de l'huile de pépins.

Aujourd'hui, cette récupération tend à devenir moins importante, car on se trouve en face d'un marché des matières grasses très approvisionné ; mais cette récupération est cependant à envisager, car il est possible que par suite de circonstances économiques ou scientifiques, la fabrication de l'huile de pépins connaisse, à nouveau, une ère de prospérité.

La récupération des pépins en vue de l'extraction de l'huile n'est pas nouvelle et elle a donné lieu dans le passé, à des exploitations locales, en France et plus encore à l'étranger.

En France, après une ère de prospérité au XVIIIe siècle et au début du XIXe siècle, l'exploitation des pépins avait été abandonnée comme peu rémunératrice ; elle se faisait, en effet, dans de mauvaises conditions, exigeant une main-d'œuvre importante, car la matière première disséminée, il fallait aller la chercher là où elle se trouvait, souvent fort loin.

En outre, l'industrie des corps gras, trouvant à se procurer facilement et à bon compte des graines oléagineuses exotiques ou indigènes plus riches, pouvait délaisser les pépins relativement pauvres.

Etant donné ce que l'on sait de la constitution générale du grain de raisin, il est relativement facile de chiffrer, tout au moins approximativement, la quantité de matière première pouvant être fournie, par le vignoble français seulement, le jour où l'exploitation deviendrait générale.

Si, d'une part, on sait que le pépin entre dans la constitution du marc pour une proportion variant entre 20 et 25 o/o ; si, d'autre part, on admet, avec les praticiens, que selon la région ou la nature du cégage, un hectolitre de vin laisse comme résidu des quantités de marc variant entre 12 et 18 kgr., par voie de conséquence, on déduira qu'à un hectolitre de vin correspond de 2,5 à 3 kgr. de pépins.

Dans ces conditions et en admettant encore que la moitié de la production de vin échappe à l'exploitation et en estimant à 35 ou 40 millions d'hectolitres, la quantité de vin pouvant donner lieu à l'exploitation des pépins, on constate que la quantité de pépins pouvant être recueillie correspondrait, en moyenne, à un total respectable de 112.500 tonnes.

Comme le pépin frais renferme une moyenne de 10 o/o de matière grasse, on voit que cette productions de pépins correspond à la production de 11.250 tonnes d'huile. On comprendra plus aisément l'importance industrielle de l'exploitation des pépins, si on songe que pour la France entière, la production d'huile d'olive n'est que de 10.000 tonnes environ.

Mais la qualité de l'huile obtenue est conditionnée par l'état dans lequel se trouve la graine, au moment où elle est mise en œuvre. En effet, les pépins ne peuvent se conserver à l'abri des

altérations qu'autant qu'ils sont secs ou qu'ils ont été traités préalablement en vue de leur conservation.

Les pépins altérés donnent une huile acide qui ne peut servir qu'en savonnerie et encore sous certaines conditions. Par contre, quand l'huile n'est pas acide, elle peut subir une rectification qui est susceptible d'en faire une huile comestible, tout aussi agréable, si ce n'est plus, que beaucoup d'autres huiles de graines.

Malheureusement la dessiccation des pépins est onéreuse et elle ne peut se comprendre que s'il s'agit d'une opération portant sur l'ensemble du marc et en prévision de l'utilisation de ce dernier comme support de matières alimentaires, au même titre que le son ou la paille.

Reste donc le traitement préventif qui consiste à soumettre les pépins triés à l'action de l'eau salée à une concentration variant entre 0,5 et 1 o/o. Au cours d'expériences remontant à plus de 25 ans, j'avais, en effet, observé que les pépins provenant de marcs ayant été soumis à l'extraction des matières tartriques et qui par conséquent, avaient subi l'action de solutions acides se conservaient dans d'excellentes conditions. Ayant renouvelé ces expériences avec le sel comme agent, j'ai pu me rendre compte que la conservation était assurée exactement dans les mêmes conditions. On peut donc admettre que la réaction du milieu joue un grand rôle et que les diastases lipolytiques et oxydantes, causes de l'altération de la matière grasse sont ou tuées ou très atténuées.

Extraction de l'huile. — Les méthodes anciennes d'extraction par écrasement et pression tout en étant encore préférées dans certaines régions à cause de la qualité de l'huile obtenue, ont cédé le pas au travail par les dissolvants volatils et plus particulièrement par le trichloréthylène ou trièline qui présente le double avantage de ne pas être inflammable et de permettre le travail de pépins non complètement secs. On admet, en effet, qu'une humidité relativement élevée, mais à condition cependant qu'elle n'excède pas 18 o/o, permet à ce dissolvant de solubiliser la matière grasse, alors que l'emploi du sulfure de carbone, par exemple, nécessiterait une dessiccation poussée jusqu'à 12 o/o.

L'huilerie de pépins a donc, désormais, une place marquée

dans les industries agricoles, mais il ne faut pas perdre de vue que le pépin est déjà le sous-produit d'un sous-produit et que sa récupération et son exploitation comme source de matière grasse ne peut devenir intéressante qu'autant qu'elle puisse porter sur des quantités de matières premières très importantes.

On estime généralement que cette utilisation commence à devenir rémunératrice à partir du moment où on peut s'assurer environ 300 tonnes de pépins, ce qui correspond sensiblement au groupement de 1.500 tonnes de marcs.

Il va sans dire, également, que la prospérité de cette exploitation sera conditionnée par le prix des corps gras sur le marché mondial.

Utilisation des marcs à l'alimentation des animaux. — Le marc de raisin a été de tout temps considéré camme une matière propre à remplacer, dans une certaine mesure, le foin dans l'alimentation des animaux de la ferme, et nombreuses sont les exploitations de la région méridionale de la France où on conservait le marc soit après simple pressurage, soit après distillation.

Il ne peut être question aujourd'hui de marcs simplement pressés, car au prix où sont les alcools, on n'a, en aucun cas, intérêt à faire manger aux animaux du marc non distillé, car la substance alimentaire de substitution coûterait beaucoup trop cher.

Ce raisonnement qui s'applique aux marcs fermentés est également vrai pour les marcs de raisins frais. Depuis quelques années, on cherche, en effet, à utiliser les marcs non fermentés comme matière première destinée à servir de provende sucrée. Ici, encore, outre les frais relativement élevés nécessités par les opérations de dessiccation, le produit obtenu représenterait une valeur inférieure à celle qu'elle aurait eue, si après l'avoir soumise à la fermentation, on l'avait distillée.

Quelle est la valeur alimentaire du marc de raisin ? Si on la calcule en appliquant les règles énoncées par Kellner, on se rend compte que cette valeur représente à peine le tiers de celle d'un bon foin, ce qui revient à dire que si on voulait substituer dans les rations, le marc au foin, il faudrait en donner des quantités incompatibles avec les fonctions digestives des animaux.

En somme, on admettait autrefois que cet aliment peu riche, mais en même temps peu coûteux, pouvait être employé avec profit dans l'alimentation des moutons, qui digèrent infiniment mieux le cellulose que les équidés.

Cependant le marc peut servir de support à d'autres matières premières, soit plus riche en protéines, soit plus riches en hydrates de carbone. Autrement dit, on pourra faire avec le marc, produit de base, des substances mélassées ou enrichies avec de la farine de tourteaux.

Mais cette utilisation implique la création d'installations onéreuses, puisqu'il est nécessaire de prévoir la dessiccation du marc, jusqu'à ce qu'il ne contienne plus que 12 o/o d'humidité, puis son broyage et enfin son malaxage, soit avec de la mélasse, soit simultanément avec de la mélasse et de la farine de tourteaux.

Dans ces conditions, on obtient un aliment enrichi et concentré, dont les premiers bénéficiaires peuvent être les adhérents des divers organismes apportant à l'usine les marcs distillés.

Comme le marc est surtout alimentaire par les pellicules et les débris de pulpe qu'il renferme, la dissiccation du marc présenterait un avantage précieux, celui de permettre la séparation facile des pépins. Alors que du point de vue de l'huilerie, cette séparation est avantageuse, elle n'a qu'une répercussion heureuse sur la valeur alimentaire du marc.

En effet, si nous savons que le pépin, par l'huile qu'il renferme, peut être de nature à enrichir la farine de marc, nous savons également qu'il est très riche en cellulose dont la digestibilité par les animaux est très faible. Par conséquent la disparition de cet élément se traduit par une amélioration de la valeur alimentaire de la pulpe et des pellicules.

Ce qui importe, c'est de ne mettre en œuvre que des marcs fortements essaurés, car plus ils contiennent d'eau et plus onéreuse est la dessiccation. En effet, si on admet qu'il est nécessaire de brûler un kilogramme de charbon pour vaporiser 4 litres d'eau, on voit que 38 kg environ de charbon suffiront pour ramener de 65 o/o à 12 o/o, le taux d'humidité alors qu'il sera nécessaire d'en consommer 63 kg. pour ramener le taux d'humidité de 75 o/o à 12 o/o. Effectivement, 100 kg. de marc à 12 o/o sont fournis, dans le premier cas par 251 kg. de marc à 65 o/o et 352 kg. de marc à 75 o/o d'humidité.

Le marc ramené au degré de siccité voulu est passé au broyeur et réduit en une poudre suffisamment fine ; à cet état et surtout dans le cas, qui doit être général, où les marcs mis en œuvre sont sains, cette poudre possède l'odeur du pain grillé.

Le mélange avec la mélasse et la farine de tourteaux s'effectue dans un malaxeur à double fond chauffé par la vapeur ; il est nécessaire que le mélange soit aussi parfait que possible et qu'il se produise au cours de la préparation une certaine évaporation de l'eau dont la mélasse est très riche. Un produit dans lequel entrerait simultanément 60 o/o de marc sec, 10 o/o de tourteaux et 30 o/o de mélasse, constituerait une provende de toute première valeur.

Si on utilisait les marcs doux, on pourrait diminuer la proportion de mélasse, puisque les différentes analyses effectuées sur ces marcs montrent qu'ils renferment de 12 à 18 o/o de sucre complètement assimilable.

Utilisation des marcs comme engrais. — Les marcs peuvent également fournir, après distillation, un compost ou un engrais intéressant, selon que l'on s'est contenté de neutraliser par addition de chaux ou qu'on l'a enrichi, après neutralisation, par addition de substances fertilisantes.

Les marcs renferment, en effet, une proportion non négligeable d'éléments fertilisants, 0,6 à 0,9 d'azote, 0,2 à 0,4 d'acide phosphorique et enfin, dans le cas où ils n'ont pas été traités en vue de la récupération des produits tartriques, de la potasse en proportion variable entre 0,5 et 0,8 o/o.

Dans les régions où les marcs sont vendus à des industriels, c'est le plus souvent sous la réserve expresse que la matière une fois débarassée de son alcool, leur sera rendue.

Pour obtenir facilement sa décomposition, il faut avant tout recourir à la neutralisation des acides qu'il contient et on y parvient facilement en le traitant par de la chaux en poudre.

Une formule indiquée par Roos, il y a environ 30 ans, est de nature à permettre l'obtention d'une matière fertilisante de très grande valeur ; elle consiste à mélanger le marc, non seulement avec de la chaux, mais encore avec des scories de déphosphoration, avec du sulfate de potasse et à arroser ensuite les tas formés avec une solution de sulfate d'ammoniaque. Après fer-

mentation, on a à sa disposition, un produit riche en azote, en acide phosphorique, en potasse et par surcroît très humifère.

Produits tartriques. — Comme on l'a vu précédemment, le vin contient des sels tartriques dont la solubilité varie avec la température, la richesse alcoolique et la concentration des acides organiques. Par conséquent, il est très difficile de prévoir à l'avance, sans investigations scientifiques, la quantité de bitartrate de potassium que le vin laissera déposer au cours de sa conservation.

On ne peut pas se fier, en effet, aux courbes de solubilité établies pour de l'eau ou de l'eau alcoolisée à un titre quelconque. C'est ainsi que si on voulait déduire de la table de Chancel, établie pour un liquide hydroalcoolique égal à 10,5 o/o, la richesse en crème de tartre d'un vin de même concentration alcoolique, on courrait le risque de commettre des erreurs grossières.

Il n'en est pas moins vrai que le vin laisse déposer des matières organiques au cours de sa conservation, ainsi que du bitartrate. Les matières organiques sont constituées par des ferments alcooliques qui ont présidé à l'élaboration du vin et aussi par les matières hydrocarbonées dextriniformes et des matières pectiques. L'ensemble de ces matières organiques et cristallisées constitue *les lies*.

Au cours de l'hiver, les froids agissant sur le vin diminuent encore la solubilité de la crème de tartre et les cristaux formés se déposent sur les parois des récipients, constituant ce que l'on désigne sous le nom de *tartre*.

On n'envisage guère, dans cette étude, l'utilisation des tartres, c'est-à-dire leur purification qui est plus du domaine industriel que du domaine agricole. Ce qui importe surtout au producteur, c'est de récupérer dans les meilleures conditions possibles les dépôts formés et de ne pas les laisser altérer.

Tout d'abord, et contrairement à des errements très anciens, il faut détartrer régulièrement les récipients et ne pas courir le risque, en laissant s'accroître l'épaisseur des dépôts, de voir la fermentation tartrique s'établir et détruire souvent dans un délai très court, la totalité du bitartrate.

Le détartrage se fait aujourd'hui avec la plus grande facilité, en recourant à la méthode à chaud qui consiste à promener, sur

la surface de la couche, la flamme d'une lampe à souder ; sous l'action de la chaleur, la croûte se détache avec la plus grande facilité et on l'enlève sans que les parois des récipients soient le moins du monde intéressées.

Le tartre recueilli, qui est toujours légèrement humide, doit être étendu en couches minces dans un local sec, de façon à lui permettre de perdre la totalité de l'eau qu'il peut retenir, et qui favoriserait admirablement le développement des moisissures et des ferments tartriques.

Lies. — La quantité de lie fournie par un vin est fonction de la nature des raisins, mais surtout de la vinification adoptée et de la durée du cuvage.

L'expérience pratique montre que les raisins riches en matières mucilagineuses et pectiques sont également ceux qui donnent les vins les plus chargés en lies.

Quant à la durée du cuvage, elle a sur la proportion des lies une influence notable. En effet, plus elle est longue et plus le vin décuvé sera limpide et débarrassé de la presque totalité des matières en suspension restées dans le marc qui joue en l'occurence le rôle de filtre, et se trouve par cela même enrichi en produits tartriques.

Cette richesse est également variable avec la constitution originelle des raisins, avec la méthode de vinification adoptée et, enfin, avec la façon dont la conservation des vins s'est effectuée.

On sait, en effet, que les lies de certaines régions sont, toutes choses égales d'ailleurs, plus riches en bitartrate que d'autres, mais on peut dire, à coup sûr, que la constitution originelle des raisins joue un rôle prépondérant sur cette richesse. C'est ainsi que dans les années où les raisins sont particulièrement riches en potasse, les lies doivent être automatiquement plus riches en bitartrate que les années où, au contraire, il y a déficit de bases. En effet, ainsi qu'on a pu le mettre en évidence, en 1921 et en 1932, la présence de proportions importantes de potasse dans le raisin, facilite singulièrement la précipitation du bitartrate de potassium.

Les méthodes de vinification adoptées jouent également un rôle important sur la richesse des lies en tartrate de calcium et, par conséquent, plus pauvres en bitartrate.

Quand on sulfite la vendange ou les moûts et que l'on décuve

chaud, les lies peuvent être, toutes choses égales d'ailleurs, plus pauvres en bitartrate que celles provenant de vendanges non sulfitées, car le bitartrate cristallise sur les parois des récipients et une petite quantité est seulement précipitée dans les lies.

Enfin, lorsque les vins restent longtemps sur leurs lies, celles-ci peuvent être plus riches en bitartrate que lorsque les soutirages sont effectués peu de temps après le décuvage.

Les lies se classent en *lies fraîches*, c'est-à-dire renfermant encore une quantité de vin, vin que les possesseurs ou les acquéreurs de ces lies recueillent soit par siphonnage, soit par pressurage au sac. Ce vin dont la destination normale doit être la distillerie, ainsi que l'a voulu le décret du 1er février 1930, était autrefois l'objet d'un négoce spécial, ayant sur les cours des vins une influence déplorable.

Les lies débarrassées du vin qui les imbibe sont désignées sous le nom de *lies en pâte* ou *lies vertes*.

Lorsque ces lies sont séchées, elles prennent le nom de *lies sèches* et sont livrées aux raffineurs ou aux fabricants d'acide tartrique. Elles sont au même titre que les tartres, des matières dont le producteur doit chercher seulement à tirer le meilleur parti économique possible.

Seules donc les lies fraîches et les lies en pâte peuvent offrir un intérêt à la récupération, car elles renferment simultanément de l'alcool et de l'acide tartrique, c'est-à-dire deux produits intéressants qu'il convient de ne point laisser perdre.

De tout temps, on a procédé à la distillation des lies fraîches soit telles qu'elles étaient recueillies au moment du premier soutirage, soit après les avoir additionnées d'un volume d'eau suffisant pour que la masse soumise à la distillation ait un degré de fluidité raisonnable.

Autrefois, à l'époque où la distillation se faisait à feu nu, on devait s'entourer, étant donné leur viscosité, et surtout leur nature pâteuse, d'un certain nombre de précautions destinées surtout à les empêcher de brûler au contact des parois, ce qui se traduisait par l'obtention d'alcool à saveur empyreumatique.

Aujourd'hui, où on recourt d'une façon plus générale à la distillation à la vapeur, le problème n'apparaît plus aussi compliqué : il suffit simplement que les lies soient ramenées à un degré de dilution favorable pour que l'entraînement des vapeurs hydro-

alcooliques ne soit pas entravé. Cette distillation s'effectue soit dans des appareils à calandres comparables à ceux que l'on emploie dans la distillation des marcs, soit encore dans des appareils à colonnes.

A côté de l'alcool, on peut envisager la récupération soit du bitartrate de potassium seul, soit encore de l'acide tartrique total. Les procédés auxquels on recourt pour atteindre ce but diffèrent très sensiblement. En effet, dans le premier cas, l'extraction est uniquement basée sur la dissolution du bitartrate dans l'eau et dans le second cas, sur l'emploi d'acides minéraux dilués comme pour le marc.

Extraction du bitartrate de potassium. — La lie diluée avec une quantité d'eau suffisante pour y permettre la dissolution de la totalité du bitartrate qui y est contenu est portée à l'ébullition pendant environ 30 minutes, puis on règle le chauffage de manière à arrêter l'ébullition, ce qui permet aux impuretés de se précipiter au fond de la chaudière; lorsque ces grosses impuretés sont tombées, le liquide qui surnage est envoyé dans des cuviers spéciaux ou par refroidissement, la cristallisation s'effectuera.

La dilution requise et qui donne les meilleurs résultats est celle qui correspond à un liquide final renfermant environ 25 o/o de matières sèches.

Les cristaux obtenus sont relativement purs et comparables à ceux que l'on obtient, lorsqu'on effectue l'essai des lies par le procédé à la casserole.

Mais ce procédé permet difficilement de traiter des quantités importantes de lies; pour atteindre ce but, on recourt à l'emploi de la force centrifuge. Les vinasses de lies à la sortie de la colonne de distillation, c'est-à-dire presque bouillantes, passent dans des centrifugeuses à grand travail qui donnent un liquide à peu près limpide, permettant d'obtenir des cristaux relativement très purs de bitartrate de potassium. Il y a lieu de tenir compte d'une légère perte due à la rétention par les insolubles de liquides chargés de bitartrate.

Extraction de l'acide tartrique total. — Pour réaliser cette extraction, on doit recourir à l'action des acides minéraux et, notamment, à l'acide chlorhydrique, c'est-à dire commencer par

déplacer l'acide tartrique de ses sels, puis neutraliser celui-ci par du carbonate de calcium, en vue de l'obtention de tartrate de calcium.

Si, théoriquement, l'extraction de l'acide tartrique total n'apparaît pas comme devant être plus difficile que celle que nous avons étudiée précédemment pour les marcs, on se heurte, en pratique, à des difficultés le plus souvent insurmontables et qui tiennent à la constitution des lies. En effet, la majeure partie de celles-ci contient outre les levures qui ont présidé à l'élaboration du vin, d'autre matières organiques dextriniformes qui par leur viscosité, s'opposent à la filtration des liquides acides. Or, comme cette filtration est indispensable, si l'on veut obtenir des cristaux riches et beaux, beaucoup de raffineurs et même de fabricants d'acide tartrique renoncent à utiliser les lies en pâte.

On a signalé depuis longtemps l'avantage qu'il y a de traiter ces lies après les avoir préalablement torréfiées dans des appareils spéciaux, ou encore après les avoirs chauffées en autoclave sous pression de 3 à 4 kgr. L'expérience montre que ces procédés ne sont pas des palliatifs médiocres et qu'ils ne donnent pas toujours les résultats qu'on en attendait.

Aujourd'hui, il existe des procédés couverts par des brevets et exploités industriellement qui paraissent avoir apporté à l'exploitation des lies des possibilités nouvelles. Ils sont basés, les uns sur le chauffage des vinasses de lies en octoclave à 3 ou 4 atmosphères, en présence d'acide chlorhydrique et leur neutralisation immédiate par du carbonate de calcium ; dans ce dernier cas le dépôt obtenu est recueilli dans des centrifugeuses.

Les cristaux de tartrate de calcium plus denses se déposent les premiers et peuvent être facilement séparés des insolubles constitués par les matières organiques.

Extraction de l'acide tartrique des vinasses. — Lorsqu'on distille un vin dans des appareils discontinus, il reste dans la chaudière à la fin de l'opération, un liquide désigné sous le nom de vinasse renfermant tous les éléments fixes du vin, au nombre desquels se trouvent l'acide tartrique et ses sels.

La richesse en acide tartrique de ces vinasses varie, d'abord, avec la nature du cépage ayant produit le vin ; on sait, en effet, que les vins provenant de la Folle blanche, sont plus riches en

acide tartrique que les vins provenant de la mise en œuvre d'Aramon, par exemple.

De même, toutes choses étant égales par ailleurs, les vins produits en époque de sécheresse sont infiniment plus riches en produits tartriques que les mêmes vins obtenus en années pluvieuses, au moment de la maturité du raisin.

Enfin les vinasses sont encore d'autant plus riches que les vins ont été obtenus avec des vendanges n'ayant pas atteint leur complète maturité ou provenant de vignes conduites sur fil de fer.

Par contre, elles seront d'autant moins riches que les vins soumis à la distillation seront altérés, notamment par la *tourne*, qui peut même détruire intégralement l'acide tartrique.

La richesse des vinasses est également fonction de l'appareil distillatoire employé. Si on recourt à des appareils à colonne, dans lesquels il se produit, par suite de la condensation de la vapeur, une dilution, il est incontestable que les produits tartriques se trouveront en plus faible quantité que si on a eu recours aux appareils à distillation discontinue.

Pratiquement et pour des vins sains, on peut admettre que la richesse des vinasses en acide tartrique total varie entre 300 et 800 gr. par hl., selon les années et les régions viticoles envisagées.

On conçoit, dès lors, que l'utilisation des vinasses puisse être intéressante, car elle peut répondre au double but de récupérer les produits tartriques et de satisfaire aux prescriptions de l'hygiène.

Pour récupérer les produits tartriques, on recourt à l'emploi de chaux ou de carbonate de calcium, mais, si on se contentait de cette opération, on n'obtiendrait qu'une partie de l'acide tartrique, sensiblement la moitié, l'autre moitié étant solubilisée à l'état de tartrate neutre de potassium. Pour aider à la précipitation intégrale de l'acide tartrique, on devra ajouter préalablement à l'opération, une petite quantité d'acide chlorhydrique qui forme avec la chaux, un sel soluble et permet aux doubles décompositions de s'effectuer dans de bonnes conditions.

Bien qu'il existe dans les vinasses des acides organiques, tels que l'acide malique capable de fournir des sels solubles de calcium, il vaut mieux introduire dans le milieu un acide minéral

dont l'action se fera sentir sur la pureté du tartrate de calcium obtenu.

Pour réaliser la pureté la plus parfaite du produit, on a un intérêt évident à laisser subsister dans le milieu une légère acidité qui s'opposera à la précipitation des phosphates qui souilleraient les cristaux obtenus et en diminueraient par suite la richesse en acide tartrique.

Les cristaux de tartrate de calcium étant très denses, on peut admettre qu'ils se seront entièrement déposés au bout de quelques heures de repos.

Les vinasses épuisées de leur acide tartrique renferment de la potasse et de l'acide phosphorique et constituent d'excellents milieux de cultures pour les microbes ; on arrive à les rendre imputrescibles, en les traitant avec du sulfate de fer.

Comme on peut s'en rendre compte par tout ce qui précède, l'utilisation des sous-produits de la vinification et de la distillation peut dans certaines conditions et dans certaines régions, apporter un appoint sérieux à l'économie viticole ; mais pour se lancer dans la récupération des produits tartriques, notamment, et faire les frais d'une installation, il est d'abord nécessaire et pour le moins prudent de s'assurer, par des déterminations précises, que la matière première à mettre en œuvre est suffisamment riche pour laisser de sérieux bénéfices d'exploitation. C'est pour avoir raisonné, à priori, que certains organismes coopératifs ou certains industriels se sont lancés dans des installations onéreuses malheureusement restées improductives dans la suite.

En outre, pour l'avenir de cette récupération intensive de l'acide tartrique, ne devra-t-on pas compter avec la fabrication d'acide citrique obtenue, par des moyens biologiques, à partir du sucre ? En effet, si les prix de ce dernier arrivent à concurrencer largement les prix de l'acide tartrique, il est hors de doute que le prix des matières tartreuses subira un effondrement mettant en danger la vie même des organismes de récupération.

Nous saurons, dans un avenir prochain, si l'ère de l'acide tartrique est terminée ou si, au contraire, la récupération de ses sels, à partir des sous-produits de la vinification, est de nature à rester rémunératrice.

Mais il ne s'agit pas de produire, il faut encore prévoir l'écoulement de certains produits et envisager les répercussions qu'un excès de production peut avoir sur l'ensemble des cours. Il faut donc étudier, entre tous les problèmes que la récupération des sous produits de la vigne pose, l'aménagement du marché des alcools tendant à leur valorisation.

Valorisation des alcools. — Nous avons vu tout l'intérêt que présente la récupération de l'alcool des sous produits de la vinification, marcs, lies, vins de pressoirs continus, etc...

Nous savons également que sous la poussée des événements économiques et sous la menace du danger que font courir à la viticulture mondiale et l'abus des plantations et le déplacement de l'ère de culture de la vigne par la diffusion des cépages producteurs directs, la plupart des pays producteurs de vin ont été amenés à envisager l'application de certaines mesures qui aboutissent fatalement à la distillation de quantités plus ou moins importantes de vin.

Dans ces conditions, on sera contraint de prévoir un aménagement du marché des alcools, si on ne veut pas s'exposer à voir une mesure de sauvegarde se changer en un facteur de ruine.

En effet, la distillation ne peut conserver son caractère de « soupape de sûreté », qu'à condition que les alcools obtenus puissent être vendus à des taux suffisamment rémunérateurs pour que l'opération apparaisse intéressante à ceux qui s'y livrent.

Par ailleurs, il serait manifestement imprudent de laisser s'avilir le marché des alcools de bouche, actuellement réservé aux alcools de fruits, en y jetant des quantités importantes de produits.

Il faut donc dores et déjà envisager un aménagement qui, tout en permettant de conserver les distinctions actuelles entre les alcools de fruits et les alcools d'industrie, assure l'écoulement de quantités importantes de matière première susceptible d'alléger le marché des vins.

Aménagement du marché des alcools. — Comment, dans les conditions actuelles, peut-on concevoir un aménagement du marché des alcools de nature à atteindre le but envisagé précédemment ?

Tout d'abord, on ne peut admettre en principe que les producteurs d'alcools d'industrie, dont les produits sont actuellement payés à parité du prix des sucres (285 fr. l'hectolitre d'alcool pur), aient un intérêt quelconque à voir se rompre les accords intervenus entre eux et les producteurs d'alcools de fruits, car cette rupture ruinerait les uns et les autres, le cours des alcools devant tendre vers le prix du marché mondial, infiniment moindre.

Il reste donc uniquement à prévoir l'aménagement du marché des alcools de fruits, entre lesquels on pourra faire les distinctions suivantes :

a) alcools de sous-produits ;
b) alcools provenant des vins bloqués ;
c) alcool provenant des vins libres.

a) *Alcools de sous-produits.* — Envisagé du double point de vue de l'équité et du simple bon sens, le problème de l'alcool provenant de la distillation des sous-produits de la vinification apparaît comme très simple. En effet, il est inadmissible que cet alcool puisse aller prendre sur le marché des alcools de bouche, la place réservée aux alcools de vin. Il y a donc lieu d'envisager leur emploi uniquement dans la préparation du carburant national et dans des conditions identiques à celles fixées pour les alcools d'industrie.

On opposera à cette conception, le fait que la diminution des profits, tendra à rendre impossible l'exploitation des sous-produits et que dans ces conditions, toutes les dépenses engagées en vue de l'établissement des organismes industriels de récupération, l'auront été en pure perte.

A cela, on peut répondre que les dépenses engagées n'ont jamais été très importantes, car elles ont été couverte en partie par des avances faites par l'Etat, à des taux relativement faibles et que par ailleurs, dans de nombreux cas, et quand les organismes coopératifs ont été sagement administrés, elles peuvent être aujourd'hui complètement amorties. En outre, les produits mis en œuvre étant des sous-produits, leur exploitation laissera encore une marge de bénéfice, peu importante, il est vrai, mais cependant suffisante pour rémunérer le capital engagé.

Enfin, comme la plupart de ces organismes sont également outillés pour pouvoir distiller des vins, ils trouveront là une

source de revenus leur permettant d'assurer facilement leur existence.

La distillation des sous-produits, marcs, lies, piquettes, vin de surpressurage, etc..., est de nature à produire des quantités d'alcool pouvant facilement correspondre à 8 o/o environ de la quantité d'alcool, qui serait fournie par la distillation de la totalité d'une récolte moyenne de vin. On conçoit, dans ces conditions, combien la disparition de ces alcools du marché de bouche pourrait avoir une répercussion heureuse sur le marché des vins.

b) *Alcools provenant de la distillation des vins bloqués.* — Le blocage des vins ne devant plus, dans l'avenir, constituer une mesure d'exception, il faut admettre que la matière première ainsi immobilisée devra disparaître définitivement du marché des vins et que le seul moyen vraiment énergique d'atteindre ce but, restera la distillation.

Comme la revalorisation des quantités de vin restées libres, pourra, dans certaines circonstances, être relativement importantes, elle couvrira en partie les sacrifices consentis par le producteur.

Ici encore, pour que la mesure de sauvegarde conserve toute sa valeur et ne soit pas de nature à influencer fâcheusement le marché des alcools de bouche, il est indispensable de prévoir pour les alcools obtenus, des débouchés autres que ceux offert par le marché des alcools de bouche.

Mais il est également difficile d'admettre que cet alcool obtenu par la mise en œuvre de vins sains et normaux pourra aller rejoindre les alcools d'industrie ou les alcools de sous-produits dans les usages industriels. S'il doit être produit pour le compte de l'Etat, il est nécessaire d'envisager pour lui une destination autre, et à des prix plus élevés. Or, il semble qu'il existe un moyen légal d'atteindre, en partie, ce but.

En effet, l'Etat rétrocède, à un prix s'approchant des cours normaux des alcools libres, des alcools destinés à la préparation des mistelles, des vins de liqueurs, des vins doux naturels, des vins d'exportation, etc... Or, tous ces produits étant destinés à la consommation, on comprend difficilement qu'ils puissent être préparés avec des alcools autres que ceux provenant de la mise en œuvre des vins de fruits.

Enfin, un exutoire naturel et de nature à donner satisfaction à tous les producteurs, dont il ménagerait les droits sacrés, se trouverait dans l'emploi de l'alcool obtenu par la mise en œuvre des vins bloqués, *au vinage à la cuve*.

Dans le passé, cette utilisation constituait une pratique œnologique constante et chaque producteur y recourait peu ou prou selon les circonstances économiques du moment ou climatériques de l'année. Il est, en effet, indiscutable que le vinage à la cuve, mieux que le sucrage, est susceptible d'améliorer largement la qualité des vins ; d'autre part, alors que dans un cas on fait appel à un produit étranger à la vigne, dans l'autre on obtient l'amélioration du produit par la destruction préalable d'une partie de celui-ci.

En outre, l'amélioration de la qualité des vins par ce moyen ne profitera pas seulement aux vins de faible richesse alcoolique originelle, ou anormalement constitués, comme on est par trop tenté de le croire, mais au contraire aux vins de bonne constitution et possédant déjà les caractères de bons vins.

En effet, un vinage à 2 o/o d'une vendange ou d'un moût, mal ou anormalement constitué, ne pourrait qu'accroître encore le déséquilibre existant entre les divers éléments et signalerait le produit final à l'attention des agents de la répression. Par contre, la même opération effectuée sur des vendanges ou des moûts normalement constitués se traduirait par l'obtention de produits, non seulement plus riches en alcool, mais possédant encore plus de corps et plus de couleur.

Ces vins donneraient au commerce des vins d'exportation, la facilité de trouver à la production, des produits supérieurs, lui permettant d'accroître son chiffre d'affaire tout en donnant à sa clientèle des satisfactions impossibles à réaliser dans les conditions actuelles où les produits exportés se signalent surtout par une saveur peu masquée d'alcool qui agit sur l'ensemble en l'asséchant et en détruisant ses qualités originelles.

Par ces deux mesures, on empêcherait l'inflation du marché des alcools de bouche qui continuerait ainsi à n'être approvisionné que par des produits provenant uniquement de la distillation des vins restés libres.

c) *Alcools provenant des vins libres.* — Comme conséquence logique à ce qui précède, seuls ces produits seraient autorisés

à alimenter le marché des alcools de bouche, soit tels qu'ils sont obtenus naturellement, eaux-de-vie et trois-six, soit après rectification.

Par la mise en œuvre de vins sains et parfaitement constitués, on pourrait dans une certaine mesure réaliser la rénovation de méthodes qui, dans le passé, ont créé avec la réputation de certains produits, la richesse de certaines régions viticoles.

Si on admet qu'avec une production moyenne de 65 millions d'hectolitres de vin, l'alcool provenant de l'utilisation des sous-produits a atteint environ 325.000 hectolitres d'alcool pur, on conçoit que la disparition du marché de bouche d'une telle quantité de produits est de nature à avoir une répercussion des plus heureuses sur le marché des vins, en en faisant automatiquement disparaître plus de 4 millions d'hectolitres. Cette disparition venant s'ajouter à celle réalisée par le blocage est de nature à améliorer le marché des vins et à rendre de nouveau rémunératrice la culture de la vigne.

Répartition des charges entre les alcools de fruits. — La réalisation pratique de l'aménagement du marché des alcools de bouche se traduirait sûrement par une stabilisation des cours de ceux-ci, à un taux très rémunérateur.

Mais il apparaît pour le moins injuste de demander aux seuls alcools de vin de faire les frais de cet aménagement. Il faut donc que tous les producteurs d'alcools de fruits y contribuent dans une mesure proportionnelle à leur production. Il serait, en effet, inadmissible que l'effort consenti par la viticulture soit anéanti par la production de quantités trop fortes d'alcools de pommes, par exemple. Il y a donc lieu de prévoir qu'une partie des alcools de fruits ira, au même titre que les alcools de sous-produits, rejoindre ceux-ci dans les usages industriels, et on peut admettre que la proportion ainsi détournée du marché des alcools de bouche pourra être égale aux 25 o/o de la quantité tolale d'alcools de fruits produits.

Par cette juste répartition des charges, on sera parvenu à la revalorisation des alcools de bouche, tout en améliorant le marché des vins et en satisfaisant aux exigences respectables de tous les producteurs.

QUELQUES CONSIDÉRATIONS
SUR LES VINS DE LA RÉCOLTE 1932

Par **Jules VENTRE**,

Professeur d'Œnologie et des Industries agricoles à l'Ecole nationale d'Agriculture de Montpellier

L'année 1932 a été caractérisée par une température relativement froide, par des chutes de pluie nombreuses et abondantes et enfin par un manque d'insolation qui ne s'était plus vu depuis de nombreuses années.

C'est ainsi qu'en ce qui concerne la pluie, il est tombé du début de la végétation à la fin de la vendange, 339 millimètres d'eau en 81 chutes sérieuses et ondées.

Les maladies cryptogamiques ont sévi dans les conditions qui sont encore présentes à toutes les mémoires et leur action s'est traduite par une diminution énorme de récolte, puisque malgré les espérances qu'avait laissé prévoir les sorties de raisins, elle n'a été, pour les quatre grands départements producteurs, que de 19 millions d'hectolitres environ, contre 29 millions environ que l'on pouvait prévoir.

On peut donc dire que la végétation d'une part et la fructification d'autre part ne se sont pas produites dans de bonnes conditions et que l'on trouve la répercussion de ces conditions désastreuses, dans la mauvaise qualité d'un grand nombre de vins et surtout dans leur constitution anormale.

Comme, par ailleurs, les températures et les durées d'insolation des mois de juillet et d'août ayant été notablement inférieures à la moyenne, la maturation s'est poursuivie dans des conditions déplorables qui se sont traduites notamment par une insuffisance de matières sucrées ; il n'a pu être remédié à ce manque de maturité, même en retardant la cueillette des raisins,

au delà des limites admises autrefois, même dans des régions beaucoup plus froides que la nôtre.

Indépendamment du manque de maturité, la qualité des raisins s'est encore ressentie des attaques des insectes ampélophages qui ayant ouvert des portes d'entrée à l'envahissement de la pourriture grise et des moisissures, les grappes se sont recouvertes d'efflorescences ayant entraîné la perte d'une partie de la récolte.

Enfin, pour certaines régions placées le long des cours d'eau, les vignobles ont eu à subir les conséquences des inondations.

Comme on le voit, les vins de la récolte de 1932, produits par des fruits insuffisamment mûrs ayant été soumis en cours de leur maturation à toutes sortes d'intempéries, ne peuvent pas, dans leur grande majorité, offrir une constitution normale, et cela d'autant mieux qu'ils seront le produit de vignobles à grand rendement et mieux entretenus.

Les vins. Leur constitution. — Lorsqu'on considère les vins selon l'époque à laquelle ils ont été obtenus, on peut tout d'abord constater que ceux qui ont été produits par des raisins récoltés tout à fait au début de la vendange, ou encore ceux provenant de vignobles à rendement normaux, sont assez bien constitués, tout en étant de titre alcoolique relativement peu élevé.

Par contre, et cela quelles que soient leur origine ou leur provenance : plaines ou coteaux, Hérault, Gard, Bouches-du-Rhône, Var, Vaucluse, on constate chez tous ceux qui proviennent de raisins récoltés soit au cours des pluies, soit après celles-ci, non seulement une faiblesse alcoolique, mais comme une insuffisance d'acidité fixe très importante dans certains cas, au point de leur donner une constitution anormale préjudiciable à leur qualité, à leur conservation ultérieure et surtout à leur vente.

Et cette dernière anomalie est encore aggravée, bien qu'à première vue cela puisse paraître paradoxal, dans le cas de vins récoltés dans les exploitations où chaque année, on est accoutumé à faire appel au cours de la vinification, à l'emploi d'acide tartrique, en vue de prévenir un défaut possible de l'acidité. Dans ce dernier cas, en effet, on a pu constater qu'en fin de compte, la diminution d'acidité fixe avait été supérieure à

celle existant dans des vins de même nature, mais non acidifiés. Nous verrons plus loin comment on peut expliquer ce fait.

Enfin, au point de vue de la stabilité de la couleur, on a vu réapparaître comme cela ne s'était pas vu depuis au moins trente ans, des cas de casse oxydasique très intense, ainsi que des cas de casse blanche nettement caractérisée.

Ainsi, on peut en se résumant, poser en principe qu'une certaine partie des vins de 1932 sont caractérisés :

1° Par un degré alcoolique notablement plus faible que celui des années précédentes, déficit atteignant souvent deux degrés, ainsi que par un manque général de couleur ;

2° Par une acidité fixe qui normale au moment des décuvages a montré des tendances à disparaître, pour atteindre au bout de quinze jours à trois semaines une proportion relativement faible et nettement inférieure à celle fixée par les décrets pour des vins de faible titre alcoolique. D'ailleurs la diminution d'acidité fixe se poursuivra pendant la conservation du vin et d'autant plus que celui-ci sera soumis à des températures très basses ;

3° Par une densité et un extrait sec souvent très élevés ;

4° Par un excès de matières minérales et de potasse ;

5° Par une propension marquée aux différentes casses.

Etude des causes. — Les causes de ces anomalies sont d'ordre divers et incombent, pour une très grande part, à la nature, vraisemblablement dans les cas des vignobles à grands rendements, pour une autre part au producteur.

Responsabilité de la nature. — Il est incontestable que la nature a sa très grande part de responsabilité dans le manque de sucre et, par voie de conséquence, dans la faiblesse du titre alcoolique, ainsi que dans le peu d'intensité de la matière colorante.

Les sucres, en effet, comme d'ailleurs la matière colorante, sont des produits de l'activité chlorophyllienne et ne peuvent parvenir au fruit en quantité importante qu'à la condition que la luminosité soit suffisante.

Or, ainsi qu'il a été précédemment indiqué, les conditions atmosphériques ont été telles que les durées d'insolation ont été très insuffisantes pour former une quantité normale d'hydrates

de carbone, nécessaire et indispensable à une haute richesse saccharine.

La nature a également sa part de responsabilité, dans la carence d'acidité fixe qui caractérise les vins de 1932 et que l'on peut faire remonter à la constitution initiale des raisins.

En effet, contrairement à ce que l'on constate généralement dans le cas de vins provenant de vendanges insuffisamment mûres où il existe une certaine constance entre les valeurs représentatives des matériaux sucrés et des matériaux acides, ceux-ci étant d'autant plus élevés que les premiers sont en plus faible quantité, et inversement, les vendanges de l'année n'ont en aucun moment présenté ces caractères. On en trouve une preuve évidente dans le fait que dès le début des vendanges, on a vu recommander des additions d'acide tartrique pour compenser le manque d'acidité.

Cette anomalie tient également à ce que les acides sont les produits de l'activité chlorophylienne et que leur formation se trouve sous la dépendance directe des radiations solaires.

Or, nous savons, cela ayant été mis en évidence par notre collègue M. Chaptal, que l'insolation et la luminosité des mois pendant lesquels se sont poursuivies la végétation et la fructification de la vigne, ont été très notablement en déficit par rapport aux années précédentes. Le nombre d'heures d'insolation enregistrées pour la période comprise entre le premier mai et le 30 septembre 1932 ayant été de 1240 heures, contre 1540 en 1931, 1345 en 1930 et 1502 en 1929.

Dans ces conditions, les explications bonnes pour le défaut de matières sucrées s'étendent également aux acides et à la matière colorante. On sait, en effet, par expérience, qu'un raisin maintenu à l'ombre ne développe pas la même intensité colorante qu'un autre développé en plein soleil, d'où en certaines régions, la généralisation de méthodes culturales destinées à exposer le plus complètement possible les raisins à l'action des rayons solaires.

Mais cette influence du manque d'insolation sur la constitution des vins de la récolte de 1932, n'est pas la seule cause de la qualité inférieure présentée par un grand nombre de vins, et il y a lieu d'envisager contre l'*influence du terrain*, *des méthodes culturales*, le tout lié *avec un accès d'humidité*, au moment de la récolte.

Influence du terrain et de l'humidité. — On peut tout d'abord poser en principe que le nombre de vins ne répondant pas aux prescriptions des décrets est relativement considérable et que ces produits sont généralement caractérisés par une richesse anormale en potasse.

D'où peut provenir cette potasse en excès. — Si dans les vignobles à grand rendement, elle peut être attribuée, comme nous le verrons plus loin, à l'adoption de méthodes culturales intensives, ce n'est certainement pas le cas pour nombre d'autres dont les vins présentent cependant un caractère d'anormalité, puisqu'on les rencontre tout aussi bien dans les exploitations où la fumure n'est jamais intensive, que chez certains producteurs réputés comme ne fumant qu'exceptionnellement leur vignoble.

En outre, on en rencontre aussi dans les régions viticoles du centre de la France, où les méthodes culturales intensives ne sont pas en honneur.

Dans ces conditions, on peut admettre que l'excès de potasse qui se rencontre dans certains vins, provient naturellement du sol et en dehors tout apport artificiel. Cela tendrait alors à démontrer que la potasse, qui est révélée par l'analyse des sols est beaucoup plus mobilisable que ce qu'on pourrait le penser et qu'elle pourrait être mise en quantités appréciables, à la disposition des racines de la plante, toutes les fois que dans les pays secs, une période de pluie intense succèderait à une période de sécheresse. Dans les régions du Centre, cette potasse resterait constamment à la disposition de la plante par suite du degré d'humidité du sol et du sous-sol.

L'expérience a montré que dans nos régions, l'absorption de potasse était surtout intense au moment de la floraison aux environs du 1er juillet, qu'elle devenait nulle au cours de la véraison, pour devenir de nouveau très importante au moment de la maturité du raisin. N'y aurait-il pas là une indication précieuse expliquant d'une part, l'état de santé précaire de la vigne au moment de la véraison, état qui se traduit souvent par une chute prématurée des feuilles et, d'autre part, la luxuriance de végétation présentée par les vignes ayant subi un arrosage vers la fin juillet ?

Mais si cette mobilisation de la potasse du sol sous l'action de l'humidité est de nature à diminuer l'acidité fixe dans beaucoup de vins, son action sera encore plus dangereuse dans les vins provenant de vignes à grand rendement puisqu'à la carence d'acidité fixe viendra encore s'ajouter la faible richesse en alcool, caractéristiques des hautes productions.

Cependant, dira-t-on, on a admis que l'élément potassique d'une fumure avait une action nettement favorable sur la formation du sucre dans le jus de raisin et, dans ces conditions, le fait pour un vin de présenter dans sa composition un excès de potasse ne devrait-il pas avoir comme corollaire une augmentation du titre alcoolique? En fait, ce raisonnement, bien que spécieux, approcherait de la réalité si la production restait normale, car dans ce cas, le système foliacé de la vigne travaillerait à plein rendement et le produit de l'activité chlorophylienne servirait à l'enrichissement du moût de raisin en sucre.

Lorsque, au contraire, on a affaire à une production exagérée, cet excès de potasse doit uniquement concourir à tenir la plante en état d'équilibre physiologique.

C'est d'ailleurs à cette place que l'on va pouvoir invoquer dans la réalisation de cet équilibre, l'influence des méthodes culturales.

Influence des méthodes culturales. — En nous rapportant aux travaux de M. le professeur Ravaz, nous constatons que chaque fois qu'il y a surproduction, il se produit un déséquilibre physiologique qui se traduit par l'apparition de brunissure ou de rougeot.

Toujours d'après le même savant, on sait que cet inconvénient d'un déséquilibre entre la végétation et la fructification peut être écarté si on a soin d'apporter à la plante une alimentation riche en éléments potassiques et on peut traduire ce fait sous forme d'équations :

SURPRODUCTION = BRUNISSURE OU ROUGEOT.
FUMURES ABONDAMMENT POTASSIQUES = SUPPRESSION DE LA BRUNISSURE.
FUMURES ABONDAMMENT POTASSIQUES = SURPRODUCTION.

Or, si l'apport de doses élevées de potasse permet à la plante d'avoir à tout moment de sa végétation et notamment à l'époque de la fructification l'élément qui lui est indispensable pour com-

battre les fâcheux effets d'une exagération de production, il n'est pas douteux que cet élément pourra se rencontrer en abondance dans les liquides en circulation dans la plante, au moment où le raisin commencera à entrer dans la période de maturité. Il se produira fatalement un équilibre osmotique entre la sève et le moût du raisin, équilibre qui sera fonction, comme précédemment, de l'humidité plus ou moins grande du sol ou du sous-sol.

Lorsque le raisin mûri normalement en période sèche, l'apport de l'élément potassique dans le jus de raisin sera moindre que lorsque l'époque de maturité coïncidera avec une période pluvieuse, favorisant la mobilisation de la potasse et son accumulation dans le moût. Par voie de conséquence cette accumulation de potasse devra être d'autant plus importante que les qualités de cet élément, à la disposition de la plante, seront plus grandes, et elle ne pourra être limitée que par la tension osmotique de sa solution.

Déjà, en 1921, j'avais montré que des vins provenant de raisins cueillis après des pluies abondantes présentaient cette constitution anormale due à l'excès de potasse, ce qui pouvait les faire suspecter de mouillage. Depuis, nombre d'affaires correctionnelles se sont terminées par des non-lieux, les vins poursuivis ayant été considérés comme anormaux par les experts, ceux-ci ayant constaté que l'excès de potasse avait eu comme corollaire une diminution inévitable de l'acidité fixe, facteur sur lequel on s'appuie généralement pour étayer une présomption de mouillage.

Action de la potasse sur la constitution et la tenue des vins. — L'examen des résultats analytiques portant sur des vins de même provenance et de même nature datant les uns de l'avant guerre et les autres de l'après guerre, sont à ce point de vue singulièrement instructifs.

En effet, avant guerre, alors que les fumures intensives de la vigne ne comportaient dans leur composition que des quantités de potasse variant entre 60 et 70 kgr. par hectare, les proportions respectives d'acide tartrique et de potasse exprimées en bitartrate de potassium, étaient à peu près équivalentes ou ne différaient seulement que de quelques centigrammes par litre de vin (0 gr. 50 environ).

Par contre, depuis que les facilités pour se procurer de la potasse se sont accrues et qu'il a été définitivement établi que la brunissure pouvait être combattue par un apport important de potasse, on a fait appel dans certains cas et dans la fumure intensive des vignes, à des doses de potasse variant entre 200 et 250 kgr. à l'hectare, ces quantités étant même dépassées dans certains cas. Or, on constate de plus en plus, même pour des vignobles à rendements normaux, que les vins produits présentent un déséquilibre certain entre les proportions d'acide tartrique et de potasse, ce qui se traduit toujours par une précipitation intense de bitartrate de potassium et, partant, par une diminution de l'acidité.

Voici d'ailleurs des moyennes tirées du registre d'analyses du laboratoire et portant, à peu de chose près, sur des vins de même origine et provenant d'exploitations où on cultive bien :

1° *Période décennale d'avant guerre.*

	Maximum	Minimum	Moyenne
Acide tartrique total, en tartre.	5,77	2,98	4,40
Potasse totale, en tartre.....	5,85	3,46	4,63

2° *Période comprise entre 1920 et 1932.*

	Maximum	Minimum	Moyenne
Acide tartrique total, en tartre.	4,65	2,77	3,86
Potasse totale, en tartre.....	8,90	4,80	5,97

Il ressort nettement de l'examen de ces résultats, que dans la période d'avant guerre, les proportions d'acide tartrique étaient relativement élevées et certaines années même, telle 1911, cet élément était en proportion très élevée par rapport à la normale, à tel point que notre collègue, M. Hugues, avait signalé le fait, en le donnant comme caractéristique des vins de cette année-là.

L'influence de l'apport de potasse dans la fumure n'est pas étrangère au déséquilibre signalé et je n'en veux pour preuve que l'exemple qui m'a été fourni, cette année, par des vins récoltés dans l'Hérault et dans le Var, sur des parcelles mitoyennes, mais dont les unes vouées à l'arrachage, n'avaient pas été fumées depuis plusieurs années et dont les autres, soignées normalement, avaient reçu de la potasse. Alors que les premiers présentaient un rapport acide tartrique : potasse égal à 0,82, les seconds avaient un rapport de valeur égale à 0,52.

On peut donc poser en principe que si la potasse permet d'obtenir, sans inconvénient pour la vitalité du cep, des productions abondantes, elle peut devenir une source d'ennui pour le producteur dont les vins de constitution anormale pourront être rejetés du marché de la consommation.

On constate une fois de plus que les lois de la nature sont immuables et qu'on ne peut impunément les transgresser. Tant que, au point de vue cultural, l'on s'est tenu dans un juste milieu, les vins de grosses productions, tout en ayant une richesse alcoolique relativement faible, présentaient cependant une constitution normale. A partir du jour où on a cherché à augmenter la quantité en mettant en œuvre des méthodes culturales intensives, la nature s'est chargée de rétablir la situation et les vins produits devenus anormaux ne devraient plus avoir comme exutoire naturel que la chaudière.

Il apparaît donc naturel que le producteur aura de plus en plus intérêt à transformer ses méthodes culturales et à les diriger dans le sens d'une amélioration de la qualité. Il ne faut pas se dissimuler, en effet, que l'augmentation naturelle du nombre de vins de constitution anormale pourrait créer une atmosphère de défiance à l'égard des vins de la région méridionale, se traduisant par une désaffection du commerce, celui-ci pouvant être rebuté par l'obligation de les redresser.

D'ailleurs, le recours à la thérapeutique œnologique, en dehors de l'époque de la vendange, et dans un but d'amélioration de la matière première, est contraire aux intérêts des producteurs, car le consommateur sera d'autant plus tenté de boire du vin qu'il pourra le supposer plus naturel.

Influence des procédés de vinification. — Si dans la carence de l'acidité fixe des vins, les méthodes culturales et le sol ont pu jouer un rôle néfaste, le producteur n'a souvent rien fait pour essayer de remédier, par une vinification rationnelle, à ce défaut de constitution du raisin ou tout au moins pour en atténuer les effets.

En effet, on peut admettre que depuis la généralisation de l'acide sulfureux à la vinification on n'avait vu pareille abondance de vins rouges ou blancs atteints de casse oxydasique avec une intensité si grande. Il m'a été donné de constater, dans quel-

ques échantillons, une décomposition immédiate de la couleur, dès que le vin était mis en contact de l'air.

De même, on a pu observer nombre de casses blanches venant se superposer à la casse brune et on peut, sans exagération aucune, attribuer ces divers défauts, soit encore à l'utilisation de produits spéciaux, contenant de l'acide sulfureux, mais associé à d'autres substances et notamment au phosphate d'ammoniaque. Dans ce dernier cas, ainsi qu'il ressort de l'enquête poursuivie auprès des producteurs intéressés, il apparaît que toutes les fois que les doses employées ont été supérieures à celles généralement recommandées, la casse oxydasique a pu être évitée, mais on a constaté alors, dans les vins traités, l'apparition de la casse blanche.

Par contre, les producteurs qui ont eu recours, soit à l'antique métabisulfite de potassium soit à des solutions d'acide sulfureux pures, ont obtenu des vins exempts de casses et dont l'acidité fixe, bien que relativement faible, était encore suffisante, après plusieurs mois de conservation, pour permettre aux produits de circuler sans inconvénients, puisque répondant aux prescriptions des décrets.

Ainsi semble se vérifier et se confirmer une fois de plus que seul l'acide sulfureux est utile pour assurer aux produits, en même temps qu'une constitution normale, une résistance parfaite, soit à l'action des ferments nuisibles, soit à l'action des diastases.

Acidification de la vendange et des moûts. — Nombre de producteurs, partisans sans raisons précises d'une acidification des vendanges ou des moûts, ont fait appel à l'emploi de doses plus ou moins importantes d'acide tartrique.

Or, lorsqu'on fait une enquête sur les méthodes employées au moment de la vinification, pour essayer de trouver les causes d'une insuffisance plus ou moins grande d'acidité fixe, on constate, la plupart du temps, que ce sont justement les vins dont on a remonté l'acidité au cours de la vinification ou encore ceux qui ont reçu de l'acide tartrique au moment du décuvage qui présentent le déficit le plus important.

En 1921, où les conditions climatériques s'apparentaient à celles de 1932 (1361 heures d'insolation, pluies abondantes au cours de la maturation et au moment de la cueillette), j'avais

déjà mis en évidence ce rôle néfaste de l'acide tartrique ajouté à des vins, dans lesquels existe en abondance l'élément potassique. Voici d'ailleurs, tels qu'ils ont été publiés à l'époque, les résultats obtenus par une addition d'acide tartrique égale à 2 grammes par litre, quantité théoriquement suffisante pour relever l'acidité fixe d'environ 1 gr. 30 par litre exprimée en acide sulfurique :

	Témoin	Acidifié
	—	—
Alcool en volume o/o	7°70	7°70
Acidité totale, en acide sulfurique	3,70	3,83
Acidité volatile, — —	0,40	0,55
Acidité fixe, — —	3,30	3,28
Potasse totale, en tartre	6,59	3,49
Acide tartrique total, en tartre	3,30	2,73

Ainsi, non seulement l'acide tartrique ajouté n'est pas resté dans le milieu et s'est précipité sous forme de bitartrate de potassium, mais encore sa présence a amené un déséquilibre qui s'est traduit par une précipitation concomitante de l'acide tartrique préexistant.

J'ai voulu me rendre compte, cette année, et dès le début des vendanges, de l'influence de certaines méthodes de vinification sur la constitution des vins provenant de la mise en œuvre de raisins riches en potasse. Les essais effectués sont les suivants :

1. Témoin.
2. Tartriqué à raison de 100 grammes par hectolitre.
3. Tartriqué à raison de 100 grammes par hectolitre et sulfité à raison de 7 gr. 5 d'acide sulfureux.
4. Sulfité à raison de 15 grammes d'acide sulfureux.
5. Sulfité à raison de 25 grammes d'acide sulfureux.

Voici les résultats obtenus à la date du 25 novembre, c'est-à-dire deux mois après le début de l'expérience :

Moûts

Sucre, par litre	134,2
Acidité totale, en acide sulfurique	6,4

Vins

	I	II	III	IV	V
	—	—	—	—	—
Alcool en volume o/o......	7°10	7°30	7°35	7°35	7°40
Acidité totale, en SO^4H^2....	3,80	4,15	4,80	5,05	5,65
Acidité volatile —	0,42	0,50	0,37	0,34	0,19
Acidité fixe —	3,48	3,65	4,43	4,71	5,46
Extrait sec à 100°..........	19,33	20,18	20,35	21,05	21,95
Cendre totales.............	2,67	2,83	3,04	2,94	3,27
Potasse totale, en tartre....	5,10	4,10	4,65	5,18	5,30
Ac. tartrique total, en tartre	2,78	1,83	2,35	2,82	3,00
Tenue à l'air..	Casse brune		Casse légère	limpides	

De l'examen de ces résultats, on peut tirer certains enseignements. Tout d'abord, on constate que l'addition d'acide tartrique dans la vendange se traduit exactement de la même manière que lorsqu'il est ajouté au vin, qu'elle provoque une précipitation plus abondante de bitartrate de potassium et, qu'en fin de compte, l'acidité fixe n'est pas sensiblement différente de celle du témoin.

L'opération du *tartricage* apparaît donc comme désastreuse quand elle porte sur des matières premières riches en potasse ; elle ne permet pas de remédier d'une façon certaine aux défauts d'une vendange mal constituée et, de plus, elle est très onéreuse.

Par contre, *le sulfitage simple* recourant à l'emploi de doses d'acide sulfureux variant entre 15 et 25 grammes par hectolitre, s'est montré comme susceptible de remédier, en partie, à la diminution de l'acidité fixe. On a d'ailleurs enregistré des résultats analogues dans le traitement des vendanges limonées.

Cela vient confirmer les résultats énoncés, il y a plus de 25 ans, de l'action de l'acide sulfureux assurant une dissolution plus grandes des acides et des sels acides renfermés dans les parties solides de la vendange, ainsi que la conservation presque intégrale des acides malique, citrique et autres, généralement détruits au cours de la fermentation, dans les essais témoins.

Peut-on rationnellement et scientifiquement expliquer cette action de l'acide tartrique ? J'ai établi, en 1925, qu'entre tous les acides existant dans la constitution de l'acidité des raisins et des vins, l'acide tartrique était le plus énergique, c'est-à-dire

celui qui, toutes choses égales par ailleurs, était capable de se salifier au maximum. Dans ces conditions, la potasse qui se trouve dans le milieu sera accaparée non seulement proportionnellement à la masse de l'acide tartrique existant simultanément dans le vin, mais encore proportionnellement à l'énergie de celui-ci.

Ceci posé, admettons que dans une vendange donnée, mais riche en élément potassique, on ajoute de l'acide tartrique, cette quantité supplémentaire va aller s'ajouter à celle déjà existante et aura comme conséquence, la formation d'une quantité importante de bitartrate de potassium, quantité d'autant plus grande que rien n'aura été prévu pour s'opposer à la destruction des autres acides organiques se trouvant dans le milieu.

Tant que la température restera élevée, le bitartrate de potassium pourra rester en solution sursaturée, ce qui explique les acidités fixes souvent élevées observées dans certains vins au moment du décuvage ; mais, dès que le vin se refroidit et que par agitation au moment d'un soutirage, l'équilibre est rompu, on pourra observer une précipitation abondante de crème de tartre soit dans le marc lui-même, soit dans les récipients dans lesquels le vin est conservé.

Cela explique la richesse en produits tartriques des marcs des régions où on acidifie la vendange et où les durées de cuvage sont très longues, quelquefois un mois et plus, ainsi que l'épaisseur de la couche de tartre tapissant les parois des récipients de conservation.

Or cette précipitation sera d'autant plus importante que la proportion d'acide tartrique, par rapport à celle des autres acides se trouvant simultanément dans le milieu sera plus grande.

On conçoit, dès lors, que toutes les méthodes qui tendront à augmenter la proportion des acides autre que l'acide tartrique auront sur la diminution de l'acidité fixe des vins provenant de la mise en œuvre de vendanges mal constituées, une action conservatrice très nette ; c'est le cas pour l'acide sulfureux.

Variation de l'acidité fixe en fonction du temps. — Lorsque les proportions respectives de potasse et d'acide tartrique qui se rencontrent dans un vin sont normales, les variations de l'acidité fixe en fonction du temps sont relativement peu importantes et tiennent d'une part à une précipitation de crème de

tartre et d'autre part aux phénomènes d'éthérification. Avant la guerre, on admettait que cette diminution de l'acidité fixe pouvait atteindre au bout d'une année de conservation, environ 1 gr. exprimée en acide sulfurique.

Actuellement et pour de nombreux vins, même parmi ceux dont le degré alcoolique atteint et dépasse 10°, on est obligé de constater que cette diminution de l'acidité fixe est souvent de beaucoup plus importante et dans des délais relativement courts.

J'avais déjà signalé, en 1921, des vins dans lesquels l'acidité fixe était tombée dans l'espace de deux mois, de 4 gr. 03 à 2 gr. 17. Cette année, on constate la même anomalie, encore aggravée si possible. En effet, voici pour le vin n° 2 du tableau précédent les variations de l'acidité fixe en fonction du temps :

	1er oct. 1932	20 oct. 1932	25 nov. 1932	2 janv. 1933
	—	—	—	—
Acidité totale en SO^4H^2.	6,30	5,42	4,15	3,72
Acidité volatile — ..	0,28	0,45	0,50	0,50
Acidité fixe — ..	6,02	4,97	3,65	3,22

Ainsi, en l'espace de trois mois environ, l'acidité fixe de ce vin a diminué de près de 50 o/o et alors qu'à la date du 20 octobre, il répondait aux prescriptions du décret concernant la circulation des vins (4 gr 97 d'acidité fixe au lieu des 4 gr. 30 exigés), à la date du 25 novembre, il n'était plus marchand et ne pouvait même plus être corrigé par l'addition des doses légales d'acide citrique.

En résumé, l'expérience de 1932 montre combien il est dangereux de vouloir forcer la nature en demandant aux vignes de donner des quantités de raisins toujours plus grandes. L'adoption de systèmes de culture intensifs se traduira toujours par la production de produits de qualité inférieure, qui n'obéiront généralement pas aux prescriptions légales.

On voit également combien est dangereux le choix d'un élément aussi instable que l'acidité fixe, dans la fixation des normes applicables à la détermination de la pureté des vins Il est facilement compréhensible que le manque de sécurité que présente au commerce la diminution de l'acidité fixe en fonction du temps peut être de nature à entraver les achats de certains vins. Peut-être que la peur pour le producteur de ne plus trouver une vente rémunératrice de ses produits l'incitera mieux que toute autre mesure à sacrifier la quantité à la qualité.

PHYTOSOCIOLOGIE ET SCIENCE FORESTIÈRE
HYPOTHÈSES ET RÉALITÉS

PAR

MM. Roger DUCAMP
A. FLAUGÈRE et G. KUHNHOLTZ-LORDAT

Libenter homines id quod volunt, credunt.

L'ouvrage « l'Enseignement de la forêt de Valbonne » (1) est, en date, la première manifestation constructive française d'une collaboration du forestier, du phytosociologue et du géologue.

L'un des auteurs forestiers (2) avait déjà indiqué qu'à son sens « le problème du reboisement et du gazonnement des montagnes n'était autre qu'un problème de sociologie végétale ».

Ensemble les auteurs du travail sus-visé ont mis en évidence, et cela de façon générale, que la solution des problèmes fondamentaux de la biologie forestière impliquait nécessairement le recours aux données de phytosociologie. Mais ils n'ont nullement pensé, ni donné à entendre, que la phytosociologie pût à elle seule apporter ces solutions. En ce qui concerne le forestier, ils ont simplement confirmé qu'il est tenu, plus que tout autre, de s'attacher à la recherche des causes, à la hiérarchisation des effets. Il lui faut étudier la biologie particulière de toutes les essences et leur comportement vis-à-vis du milieu. C'est la manière d'être de ce milieu qui commande la progression ou la régression des essences en cause.

Le forestier doit aborder d'autres sujets, tels :

Le chimisme des sols et leur réaction sur la physiologie des espèces considérées ; le rôle des infiniment petits, protozoaires et bactéries (symbiose *sensu lato*) puis, et plus spécialement dans la région méditerranéenne, le problème de l'eau dans le sol et dans l'air dans ses rapports avec l'évolution des massifs.

Tout cela, avec bien d'autres problèmes, est du domaine de la Science forestière (3).

Quiconque ne se préoccupe pas de réaliser l'ensemble de ces concepts s'expose à la manière de l'artiste qui se refuse à prendre contact avec la réalité, à pécher par virtuosité.

C'est ainsi que nous sommes amenés à analyser dans un sens critique un certain nombre de considérations d'ordre plus spécialement forestier que nous relevons dans une récente publication (¹).

*
* *

I. — LE PIN DE SALZMANN

1° **Les peuplements étendus.** — Le directeur de la Station internationale de géobotanique méditerranéenne et alpine formule tout d'abord l'hypothèse de l'existence dans la région considérée (bordure Cévenole) à l'époque Wurmienne « de bois étendus de Pins, Sylvestre et de Salzmann ».

Nous ne pouvons pas admettre une telle hypothèse pour un tel lieu, et en un tel temps où les actions destructives de la faune (l'homme compris) étaient forcément très réduites. C'est dire que les vides et clairières propres à la multiplication des Pins devaient être plutôt rares.

En cet état primitif de la nature, les conditions d'installation *massive* des Pins ne pouvaient avoir tout au plus qu'une certaine analogie avec celles qui règlent présentement cette installation. Or, il a été pris une position, qui ne paraît pas devoir être combattue, sur le signe transitoire qualifiant la manière d'être des Pins en général. A cette thèse qu'illustrent d'heureuses formules telles que celle du « nomadisme des pins » (20), du Conservateur des Eaux et Forêts Roger Ducamp, ancien directeur du service forestier d'Indo-Chine, ou encore celle du « mirage des pins » du Conservateur des Eaux et Forêts Lavauden, ancien directeur des Forêts à Madagascar, se sont ralliés notamment, les professeurs Auguste Chevalier, du Muséum (5), Issler, de Colmar (6), et bien d'autres.

(¹) Braun-Blanquet. — Les survivants des périodes glaciaires dans la végétation méditerranéenne. *Stat. internat. de Géobot. Méd. et Alpine. Communication n° 16.*

« Les bois de Pin d'Alep disséminés entre Rhône et Aude, correspondent ici non pas à un climat mais, à un *stade transitoire* provoqué par l'homme et qui disparaitrait si la végétation était abandonnée à elle-même », a dit l'A. lui-même dans une précédente publication (13).

Ainsi n'arrivons-nous pas à saisir comment, après cela, l'A. peut tenter de nous faire partager son idée de l'existence de bois étendus de Pins, fussent-ils de Salzmann, en nous invitant « à relier ce qui a pu exister lors de la dernière glaciation à ces derniers témoins que l'on retrouve encore près de Montarnaud, Argelliers (7) », sans qu'il soit d'ailleurs question de Bédarieux (Hérault), de Bessèges ou du Col d'Uglas (8, 9) (Gard).

Dès 1871, Barrandon (7) considère les quelques pieds isolés de Salzmann au milieu de la forêt de Montarnaud, comme naturels; mais leur présence, ajoute-t-il, peut s'expliquer par le transport de quelques graines, opéré par les vents et les oiseaux, des hauteurs de Saint-Guilhem-le-Désert, localité la plus rapprochée et distante, à vol d'oiseau, de 10 à 12 kilm. (p. 171-182).

G. Fabre (8) a indiqué en 1896 un chaînon dans la lacune qui séparait les deux forêts classiques de Saint-Guilhem et de Bessèges. Il le situe aux abords du col d'Uglas, au Nord d'Anduze (Gard). Il attribue le *maintien* de ces Pins à l'absence de routes; ils sont comme réfugiés dans des stations sévères où ils révèlent, par leur forme en boule, une « adaptation pénible » et constituent un « reste déchu » du Pliocène et du quaternaire. Saint-Lager (9) confirme en 1897 la race rabougrie sur les argiles ferrugineuses à silex qui remplissent « les fentes de la dolomie ». Dunal (10) localise le Pin de St-Guilhem « sur deux étages jurassiques dont l'un est souvent à l'état de dolomie », les arbres y végétant « dans les fentes du roc pur ».

2° **Le Sol.** — Que devient le sol, dans les reconstitutions des temps passés ? Le Pin de Salzmann peut-il se régénérer hors de la silice ou de la dolomie ? Tous les auteurs précités sont formels : ils le situent sur la dolomie ou le grès. Les peuplements Würmiens de Salzmann devaient donc avoir au moins des solutions de continuité édaphiques.

3° **Le Vent.** — Quant aux pieds isolés, signalés en 1871 par Barrandon, il est commode de déclarer que les espèces eurosibériennes n'ont pu être «apportées récemment par des oiseaux mi-

grateurs » pour la bonne raison que toutes ne sont pas adaptées à la dissémination par les oiseaux (p. 3). Le Pin de Salzmann, évidemment, n'échappe pas à l'anémophilie de ses congénères, mais c'est pour cela que Barrandon parle particulièrement du transport par le vent laissé entièrement de côté dans l'étude de M. Braun-Blanquet. La phrase de Barrandon, que nous citons plus haut, montre que, *pour la station de Montarnaud*, située à quelques kilomètres au Sud-Est de St-Guilhem, c'est-à-dire en aval du courant éolien dominant du Nord-Ouest, il n'y a rien d'impossible à un pareil ensemencement. Pourquoi un courant éolien (le Mistral) ne jouerait-il pas un rôle non seulement dans l'extension de l'aire d'une espèce anémophile, mais aussi dans l'entretien des peuplements isolés « sous le vent » ? C'est un tort de généraliser à tous les peuplements d'une même essence une origine commune, surtout lorsque des prédécesseurs ont déjà envisagé *localement* des origines *locales*. Barrandon n'a-t-il pas donné ainsi la clé de cette colonisation sporadique d'un Pin en extension dans un peuplement de feuillus en régression tel qu'un taillis méditerranéen ? Le Mistral joue un rôle capital dans la région Provençale ; on sait que son action déborde, vers l'Ouest, la vallée du Rhône, empiétant sur le Languedoc méditerranéen. L'un de nous a montré sa répercussion, dans cette dernière région, sur le littoral Est-Ouest et sur le littoral Nord-Sud, imprimant un véritable modelé mistralien ; or, ce modelé est à la fois topographique et floristique, car « l'introduction des non spécialisées dans le cycle de l'*Ammophila arenaria* (c'est-à-dire des importations continentales) est presque toujours due aux vents terrestres qui emportent les graines par dessus les vignobles de Camargue, les étangs de Languedoc et la Salanque du Roussillon ». Le courant de semences à *Thymus-Asphodelus* de Saint-Roman (petite Camargue) ; le courant à *Thapsia* et le courant à *Lavandula Stœchas* (Roussillon) sont d'autres exemples de l'action du vent sur la composition du tapis végétal.

En 1870, Blytt (17) signalait des importations de la végétation alpine parmi la végétation xérothermique du Sogne fiord (Norvège). Il ne les a pas interprétées comme « survivants glaciaires », mais leur a donné au contraire une origine éolienne ou mécanique locale.

Les plantes qui disséminent par les oiseaux relèvent d'ailleurs, en partie, des mêmes principes. Il est indiscutable que

les passages de grives jouent un rôle important dans la dissémination des Genévriers. L'étude de ces migrations d'oiseaux, liées peut-être elles-mêmes, au vent dominant, soit qu'elles l'évitent soit qu'elles le subissent, donnerait la clé de certaines localisations sporadiques, en terres neuves de Camargue notamment.

Ces notion appartiennent au *dynamisme actuel* qui peut dire son mot dans les reconstitutions d'un *dynamisme éteint*, malgré les sous-entendus de M. Braun-Blanquet. L'interprétation que celui-ci donne des quelques pieds de Montarnaud nous prouve une fois de plus où l'entraîne la floristique statique et combien il devrait être prudent dans les critiques qu'il adresse à ceux qui préfèrent les raisonnements et les observations simples et vérifiables aux hypothèses grandioses, mais dangereuses.

A ceux qui inclineraient à partager de telles vues, que nous critiquons, nous pouvons ajouter ceci :

De deux choses l'une : ou bien cet autrefois auquel on nous renvoie si souvent est du domaine de l'histoire, et alors il faut exhumer des archives et discuter sur des documents certains ; ou bien le silence qui s'est fait autour de cet autrefois lointain n'autorise aucune reconstitution scientifique certaine sans la lumière des faits actuels ; et alors il faut bien admettre l'impossibilité pour le Pin de prendre *massivement* le dessus au milieu d'une végétation en pleine vitalité livrée à elle-même (climax).

Nous concluons donc, pour les territoires en litige, à une chênaie Wurmienne et à une extension ultérieure du Pin de Salzmann sous l'influence des abus anthropozoogènes qui ont fait régresser les feuillus.

4. **La colonisation de proche en proche ou colonisation continue.** — Dans ses considérants sur la dissémination des germes l'A. semble ne pas faire assez de cas du fait qu'en dehors du rôle que joue la faune et le vent dans le transport lointain de ceux-ci il y a aussi, dans le temps, *la marche en avant des espèces, de proche en proche.* Cette avancée (substitution et mélange des essences) est dans tous les cas bien connue des Forestiers. C'est ainsi, par exemple, que depuis un demi-siècle environ on assiste à la marche du Pin d'Alep de l'Ouest vers l'Est, progressant massivement du département de l'Hérault (Fontanès, Vic-le-Fesq) vers le département du Gard (Orthoux

où cette essence ne se rencontrait à peu près pas antérieurement); actuellement, en Périgord, le Pin maritime envahit ce qui était chênaies et hêtraies dégradées et qui disparaîtront si l'on ne réagit pas.

Plus ample apparaît dans le même ordre d'idées l'extension de la Sapinière, qui tend à se substituer à la pineraie ou à s'infiltrer dans la hêtraie. L'un de nous a observé le mécanisme suivant de la progression du Sapin autour des cépées de Hêtre d'un taillis

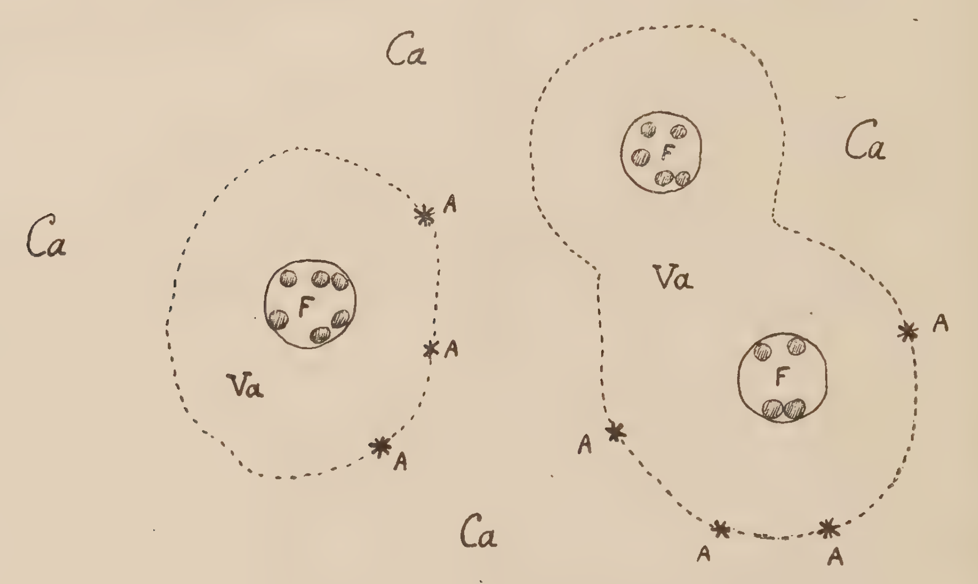


FIG. 1. — Progression du Sapin dans un taillis fureté de Hêtre (F). Brins de semences (A) à la limite de la Callunaie (Ca) et de la Vacciniaie (Va).

fureté avoisinant une Sapinière jardinée. Dans la forêt de Changoirand (Forez), 1.180 mètres d'altitude. (Voir fig. 1 et fig 2). Le Sapin gagne lentement, mais sûrement dans le taillis fureté. Les porte-graines sont très proches, car la série de taillis est contiguë à la série de futaie (futaie jardinée). La régénération du Sapin est nettement indiquée autour des cépaies à la limite du *Vaccinium* autour du Hêtre, et de la Callunaie des vides. On voit alors très fréquemment les jeunes Sapins disposés en cercle autour d'une cépée de hêtre. Ces cercles étendent progressivement la Sapinière.

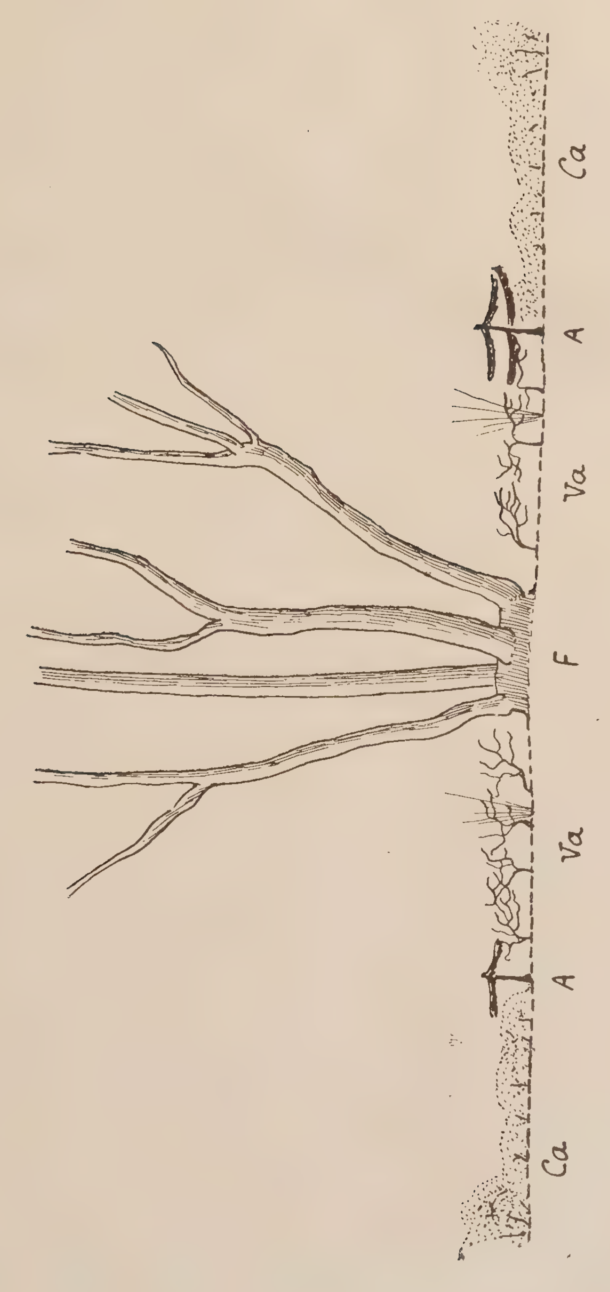


FIG. 2. — Même légende que la figure 1. Vue de profil d'une cépée de Hêtre et du tapis sous jacent.

L'anémophilie n'est donc pas exclusive d'une colonisation en tache d'huile. Les vents violents et la longue durée n'excluent pas des disséminations plus proches et divergentes dues à des courants faibles et de directions variées. L'étude méthodique de la dissémination éolienne est à peine ébauchée. Les pathologistes sont en avance sur les phytosociologues à cet égard. L'exploration du plancton aérien dans des courants reconnus est à généraliser par des météorologistes biologistes. Or, que nous propose-t-on en face de ces incertitudes actuelles ? Cette affirmation inadmissible que le Pin de Salzmann des avant-postes méditerranéens de Montarnaud et Argelliers sont « les derniers témoins » de bois étendus *refoulés* vers la plaine pendant la dernière glaciation (p. 1).

***

II. — LA CHÊNAIE

Il y a eu évidemment une certaine régression climatique, puisqu'il s'agit bien des restes d'une période plus froide.

Mais il est non moins certain que l'homme est intervenu pour accroître la cadence, l'intensité et l'étendue de la régression dans le temps et dans l'espace.

Nul doute que sans cette action destructrice de l'homme, nous eussions encore des futaies de Pubescent en bon état au moins dans les vallons à alluvions fraîches, non moins favorable au maintien du Chêne Vert. Il est impossible, nous y avons insisté ailleurs (1, p. 171 et 173 ; 2 a, p. 425) de concevoir dans le Bas-Languedoc des forêts de feuillus qui ne soient un mélange de ces deux essences principales. Il y avait, malgré tout, des groupements plus ou moins purs, édaphiques ou topographiques, sans qu'il soit besoin d'insister sur cette vérité première que pendant la glaciation les « recoins les plus abrités de la plaine étaient aussi des refuges pour certaines espèces plus exigeantes et plus sensibles aux basses températures » (p. 1).

S'il est parfaitement exact que ce soit « seulement en quelques points favorisés par les conditions stationnelles qu'ont pu se maintenir quelques lambeaux dégradés de la forêt languedocienne des temps glaciaires », il n'en reste pas moins vrai qu'il n'est

pas permis en toute objectivité de relier directement par simple supposition le temps présent au temps passé, tant que l'on n'aura pas instauré *l'expérimentation scientifique diversifiée, permettant, à l'aide de témoins et par comparaison, d'asseoir de saines conclusions*. Et il ne faut pas se contenter d'observer l'effort de la nature même; il faut, là où le milieu est faussé, aider cet effort naturel, le régler, le diriger, en corriger même les insuffisances en ce qui concerne la nécessité de la satisfaction des besoins de l'homme.

C'est à une telle fin que le Conservateur des Eaux et Forêts Roger Ducamp a, en particulier, demandé la « constitution », autour de ces lambeaux dégradés de la forêt languedocienne (et ailleurs aussi) de Réserves d'études biologiques, véritables sanctuaires de la nature, consacrés à la « résurrection de la Sylve ». L'Administration des Eaux et Forêts vient d'y répondre en décidant de constituer en « Réserve d'études » le Bois domanial de la Chartreuse de la Valbonne (Gard).

*
* *

III. — LA HÊTRAIE

1. *L'absence du Hêtre*, — Du fait qu'aucune trace de la présence du hêtre n'aurait encore pu être relevée entre la Camargue et l'Aude, reste-t-il prudent de penser, comme on nous le propose, que « l'Association du Hêtre manquait » à l'heure relativement froide que l'on cherche à situer ? Pour notre part, nous nous garderons de ce faire.

Il est vrai que l'A. insuffisamment assuré semble-t-il de la valeur de son postulat, dit : « Il est très probable ».

Mais au fond, qu'est-ce donc que la forêt de la Chartreuse de la Valbonne avec le hêtre dans son enceinte ?

N'est-ce pas mieux et plus qu'une simple trace ? Si le Hètre se rencontre encore ainsi à cette heure aux bords du Rhône dans l'aire culturale de l'Olivier, à environ 100 mètres d'altitude, c'est qu'il *peut* y être. Dès lors nous sommes en droit de penser qu'aux époques que vise l'A. et bien mieux alors, les emprises du Hêtre étaient autrement étendues et autrement puissantes qu'aujourd'hui entre Camargue et Aude, surtout dans

nos Basses-Cévennes. Tout cela exprimé, sans que personne soit autorisé à nous faire dire ce que nous n'avons jamais avancé et encore moins ce que nous ne pensons pas. Nous prenons donc ici encore une position nettement opposée à celle qui nous est offerte. Autant il nous a paru illogique d'admettre l'extension d'un pionnier social héliophile parmi des feuillus constitués en bon massif, autant il nous paraît audacieux de prétendre à l'absence passée d'un feuillu aussi envahissant que le Hêtre. Nous tenons pour suspecte toute déduction basée sur l'absence actuelle des essences ou de leurs caractéristiques (qui ne l'étaient peut-être pas au même degré jadis...) ; quant aux analyses polliniques, elles sont d'autant plus illusoires que la distance existant entre les tourbières explorées et les Basses-Cévennes (au Nord de Montpellier) ou la plaine Languedocienne, est plus grande. Autant vaut-il pécher par excès de prudence, et couper court à ces reconstitutions des plus incertaines du passé, complètement ignorantes de ce qui a pu disparaître sans laisser de traces. Personne ne doit préjuger des découvertes que peut réserver l'avenir, et cela d'autant plus que l'accord est loin d'être réalisé sur les interprétations des pollen-diagrammes. La récente intervention de P. Chouard [2] pour si discrètement qu'elle ait été relatée, en est bien la preuve...

2° *La Hêtraie sénile.* — L'A. écrit encore que les hêtraies de Valbonne et de la Sainte-Baume sont des hêtraies « *séniles* ».

Qu'est-ce à dire ? Le hêtre s'y régénère-t-il ou ne s'y régénère-t-il pas ? Tant qu'il y a semis naturel, il nous apparaît fort imprudent de parler de « sénilité », même pour une relique. Voilà un « dynamisme » bien mal compris ; l'état sénile serait-il encore une vue de l'esprit basée sur une absence de « caractéristiques » ?

Le Hêtre se régénère à Valbonne, donc il ne saurait y être question de hêtraie sénile.

C'est là notre point de vue forestier. C'est peut-être bien un point de vue digne d'être adopté aussi par d'autres hommes que ceux chargés du métier délicat de conduire la forêt.

Etudier la flore d'une hêtraie et, si cette flore n'est pas conforme à celle de la hêtraie réalisant, suivant les vues propres

[2] *Bull. Soc. bot. France*, séance du 27 janvier 1933, p. 33, alinéa 7.

de l'observateur, son optimum de développement, la déclarer sénile est une déduction qui se défend déjà fort mal au point de vue floristique : du point de vue forestier nous devons y contredire nettement, et nous y contredisons entièrement !

Or, avec une ironie un peu lourde dont s'accommodent mal des esprits latins, il nous est reproché (p. 7. Note 1) de n'avoir pas saisi le dynamisme des hêtraies « séniles ». Nous ne parlons pas, décidément, le même langage ; nous n'avons jamais voulu envisager pour Valbonne les hypothèses inutiles à l'amélioration de son ambiance perdue, et que nous laissons bien volontiers à de mieux initiés que nous dans l'art de manipuler glaçons et pollen. Le dynamisme dont nous parlons est observable et observé. Nous l'envisageons dans un but essentiellement pratique, en agronomes et forestiers, bien plus qu'en phytosociologues. L'un de nous s'est d'ailleurs suffisamment expliqué dès 1928 (12) et à plusieurs reprises sur ces points qui ont bien su inspirer, en 1931, une causerie radiodiffusée (13).

Plus récemment (1) nous avons démontré la transformation d'un taillis xérohéliophile en un taillis déjà sciaphile acheminant vers la régénération une forêt déclarée depuis sénile. Cette modification du taillis est la preuve irréfutable d'une amélioration possible et rapide du peuplement. Or, ces forêts séniles ne se sont tout de même pas maintenues sans aucune régénération depuis l'époque Würmienne. Si l'ambiance favorable au semis a été perdue, c'est depuis que l'homme l'a compromise.

Il n'est pas inutile d'ajouter à ce point de vue critique, une considération d'ordre historique qui permet de jeter quelque lumière sur la notion très obscure de « sénilité ». Au début de la seconde moitié du XIX[e] siècle, les arboriculteurs étaient, comme les agriculteurs, imbus de la nécessité de renouveler leurs cultures à l'aide de semences d'origine septentrionale.

On parlait déjà de dégénérescence, mais l'on disait plus volontiers « *dégénération* ». On exprimait par ce dernier terme une moins value de récolte, qualitative ou quantitative, des arbres fruitiers transportés hors de leur climat natal. Le terme de dégénération a vite disparu du vocabulaire tant agronomique et forestier que scientifique et peu à peu celui de dégénérescence a prévalu. On sait le sort qui vient d'être réservé à ce dernier : M[lle] BEAUVERIE (15) propose sa radiation pure et simple. Il reste

cependant encore des « dégénérescences » dont la cause n'a pas été prouvée. Il sera peut-être difficile aux agronomes, et aux forestiers surtout, de n'admettre comme cause de dégénérescence que des ultravirus. D'une manière générale, les forestiers, ayant pour préoccupation essentielle, la *régénération*, peuvent lui opposer la *dégénération*, c'est-à-dire toute stérilité de cause non parasitaire : dégénération édaphique, altitudinale, latitudinale, athermique, anhydrobiotique, etc... Il y a tout avantage par conséquent à remplacer des termes dont la signification est trop vague (ne pouvant reposer sur des causes bien connues), par des termes qui tiennent compte des causes vraisemblables, sinon certaines. D'après les principales opinions qui ont été exprimées sur la dégénérescence, on peut concevoir celle-ci, dans un sens très large, comme étant la perte de l'aptitude à se reproduire ou à se multiplier, sans préjuger de la cause. On pourrait réserver le terme « dégénération » aux causes non parasitaires et celui de « maladie » aux causes parasitaires :

DÉGÉNÉRESCENCE (Inaptitude à la reproduction ou à la multiplication).	dégénération : d'origine non parasitaire. *a*) de reproduction. *b*) de multiplication. maladies parasitaires (Bactéries, mycorhizes? Ultravirus...).

Ainsi disparaîtrait peu à peu la notion de dégénérescence, comme disparaît celle des *Fungi Imperfecti* au fur et à mesure des découvertes sur les formes dites parfaites. On ne voit d'ailleurs pas pourquoi certains de ces *Imperfecti* ne seraient pas frappés de dégénération de reproduction, n'ayant conservé que leur aptitude conidiogène. La dégénération, on le voit, est une notion ancienne susceptible d'être généralisée, mais ne laissant plus beaucoup de place à celle plus récente de « sénilité ».

La « sénilité » telle que semble la concevoir l'A., outre qu'elle s'applique à un massif (la Hêtraie, p. 8) et non à une essence déterminée, n'est pas bien utile au forestier. Elle paraît tomber, elle aussi, dans le domaine déjà un peu encombré de la synécologie statique basée sur la floristique. L'auteur précisera peut-être un jour sa pensée à propos de la forêt de la Sainte-Baume qu'il déclare « magnifique » et « sénile ». Du point de vue du forestier-sylviculteur, ce petit massif est plutôt en piteux état ; mais l'ambiance n'est pas entièrement perdue

puisqu'il y a des « semis viables » (R. Ducamp, in litt. 1933). Semis viables et forêt sénile, voilà qui ne va pas ensemble.

Là encore, on serait reconnaissant à l'A. de bien vouloir préciser sa pensée, car s'il englobe la Sainte-Baume, Valbonne et d'autres bois méridionaux dans une survivance générale des Hêtraies séniles, il voudra bien admettre tout au moins des degrés dans cette sénilité. Comment estimera-t-il la relativité de ces sénilités ? par un coefficient ? Il nous reproche de n'avoir pas « entrevu » (*sic*), la solution dynamique toute naturelle qu'il applique à ces survivants. Disons à notre tour que sa solution est une *affirmation* dont nous ne saurions nous contenter et qui, par surcroît, ne revêt à nos yeux aucun caractère définitif (11). Nous voyons là, au contraire, la preuve formelle que le dynamisme qu'accepte la station internationale de géobotanique, n'est pas le même que celui conçu de très longue date par les Agronomes et les Forestiers, le seul auquel nous demeurons attachés. Libre à elle de le discuter, mais à condition de le remplacer par quelque chose qui vaille mieux ou moins mal.

On essaie maladroitement de nous conduire vers un domaine hypothétique que sciemment nous avons laissé de côté et déclarons inutile à la germination d'une faîne, à la viabilité d'un brin de semence ou à l'obtention d'une ambiance qui leur soit favorable.

Ces problèmes *actuels* paraîtront peut-être de bien petite envergure à notre critique : nous le lui concédons volontiers et d'autant plus qu'il nous paraît urgent pour l'avenir des taillis méditerranéens, de rectifier l'opinion qu'il formule sur un autre de ces petits problèmes : la vitalité du chêne vert et les conclusions pratiques qui s'en dégagent.

*
* *

IV. — LE CHÊNE VERT ET LA VÉGÉTATION MÉDITERRANÉENNE

1° *La régression du Pin de Salzmann.* — S'il est vrai de reconnaître avec l'A. que le Pin de Salzmann soit actuellement en régression manifeste « à Saint-Guilhem-le-Désert (et nous ajoutons à peu près partout ailleurs dans les Cévennes), nous

nous élevons contre l'assertion qui consiste à dire « c'est le Chêne vert qui l'emporte ». Hélas ! le Chêne vert lui-même est là en plein stade de régression. S'il se maintient, c'est comme il le peut, et beaucoup plus mal que bien.

C'est qu'il y a lieu de distinguer entre la régression absolue et la régression relative.

La *régression relative* est celle qu'illustre et explique l'exemple typique que nous venons de souligner — régression moins lente du Chêne vert *par rapport à celle du Pin de Salzmann* (21).

Elle n'apparaît évidemment pas pour qui se place comme l'A. au point de vue floristique seul. C'est qu'en toutes ces affaires ne sont pas seuls à considérer les facteurs antiques « fossiles », très mal connus (sinon pas du tout) dans la précision qui s'imposerait.

Il y a les facteurs qui sont encore au travail « *pour* » (évolution ascendante vers le climax) ou « *contre* » (régression) les lois de la Nature.

Ceux qui sont contre, sont parfois très forts et c'est à peine si l'on commence à vouloir s'en douter. Des forestiers, notamment méditerranéens et coloniaux, (M. DE WILDEMANN) se passionnent, peut-on dire, pour les mettre en évidence.

Mais pour lever les côtés incertains de ce que disent les uns et les autres, il faut, ici encore, recourir à l'expérimentation : une expérimentation scientifique, c'est-à-dire à la fois biologique et forestière et telle que nous l'avons définie plus haut.

2° *L'extension de la végétation méditerranéenne.* — L'A. pour des raisons diverses, sur lesquelles il ne peut insister, dit-il, conclut à une extension de la végétation méditerranéenne, à laquelle cependant s'oppose, peut-être et en partie, selon nous, le régime éolien actuel de cette même région méditerranéenne.

Un autre phytosociologue (14) pour des raisons qu'il a, lui, parfaitement exposées, conclut à une régression. Qui faut-il croire ? Nous comprenons la perplexité de A.-L. GUYOT (16).

Nous ne prendrons parti pour aucun des auteurs ; nous sommes convaincus que, sur ce sujet bien épineux, n'offrant encore que des données trop incomplètes, il convient de nous montrer extrêmement réservés. Aucun des travaux parus, parfois longs et difficiles à assimiler, mais que nous avons pourtant lus et relus, n'a réussi jusqu'ici à nous faire opter pour ou contre.

∴

V. — LES CONCLUSIONS PRATIQUES

L'A. entend donner à son étude une conclusion d'ordre pratique susceptible d'intéresser, dit-il, le Forestier.

Sans nul doute, les essences visées, Pin Sylvestre, Pin de Salzmann, *Q. sessiflora*, *Q. pubescens* sont entraînées dans un stade de puissante régression... et le Fayard lui aussi, virtuellement, ajoutons-nous.

Cette régression, ainsi que le souligne l'A. en accord ici avec nous, est « activée » par le « mode d'exploitation », ce mode d'exploitation étant celui qui caractérise le mode de traitement en taillis (facteur négatif-contre). Nous n'avons jamais écrit ni pensé autrement, et n'est-ce pas cette vérité qu'une équipe de forestiers méditerranéens s'est efforcée de mettre en lumière contre vents et marées ?

Nous retiendrons donc bien volontiers cette première partie des conclusions de l'auteur, non pas comme un conseil, il viendrait alors trop tard, mais comme une adhésion de haute signification à une manière de voir déjà solidement assise et qui au surplus fait son chemin. Il ne faudrait cependant pas, que par le jeu renouvelé de l'oubli du passé, il veuille en réclamer la paternité.....

Quant à la suggestion qu'offre l'A. et qui consiste à préconiser la constitution d'une futaie de Pin d'Alep, combinée au taillis de Chêne vert clairiéré, qu'il nous soit permis de crier halte-là ! Une telle formule, encore chère à certains forestiers, est étonnamment simpliste et il y a lieu d'être surpris de son exhumation sous forme de nouveauté (23, p. 83, partic.).

D'une part, elle n'est viable qu'artificiellement. L'A. lui-même a pris soin de l'indiquer en écrivant (13) que le « Chêne vert s'installe tôt ou tard dans la pineraie, et à son ombre le rajeunissement du Pin, ami de la lumière, devient impossible ».

C'est que le Pin, qu'il s'appelle Pin Sylvestre, Pin maritime, ou Pin d'Alep, s'il est à son heure un pionnier, n'en est pas moins comme un signe manifeste du mouvement régressif qui compromet la vitalité des formations forestières méditerranéennes, et hélas ailleurs !

L'Alep se situe à un certain moment dans la régression ; s'il peut se maintenir pour « un temps » dans la progression, il n'en est pas moins certain que les formations forestières améliorées l'amèneront par la force des choses à s'écarter inéluctablement dans le temps, interdisant son retour aussi longtemps qu'elles se maintiendront elles-mêmes en bonne santé.

Après avoir perçu que le régime du taillis était à la base de la régression de la forêt méditerranéenne, l'A. en propose le maintien. Nous ne comprenons plus du tout.

Serait-ce donc qu'il n'aurait pas sondé toute la profondeur de cette régression ?

N'aurait-il pas vu que la semence fertile qui partout jonche le sol ne lève presque jamais et dans tous les cas très mal, faute uniquement d'une ambiance favorable à la germination d'abord, et, chose capitale ensuite, à l'accrochage de la plantule au sol ?

Nous eussions mieux compris qu'il réservât son qualificatif de « forêts séniles » à ces taillis qui, incapables de se régénérer naturellement par la semence, ne doivent plus leur existence qu'à la providentielle et puissante multiplication végétative du Chêne (rejets de souche et drageons de racines avec dégénération sexuelle).

Avant de songer à demander à des boisements ainsi profondément dégradés un rendement économique, il faut songer à ramener ces grands blessés à la santé, par la réfection de l'ambiance qui rendra à nouveau possible la régénération naturelle des essences.

De ce point de vue, il faut savoir gré à l'un de nous (19) d'avoir montré, d'une part, le *polymorphisme* de la garrigue, formation qui ne peut se comprendre qu'à la lumière des connaissances de *sociologie dynamique,* d'autre part l'influence de *l'évolution du sol climatique* sur le choix des essences d'amélioration à faire intervenir.

Que le Pin apparaisse comme un sérieux garant d'une possibilité de progressive amélioration (oh ! relative, très limitée), nous n'y contredirons pas, pour l'avoir déjà et constamment exprimé.

Mais qu'on le donne pour l'essence de fond, pour l'essence de premier plan, cela, non.

L'essence impériale de la garrigue méditerranéenne est, pour

l'heure, le Chêne vert, essence qui couvre et protège efficacement le sol, et qui s'apparente (1) biologiquement avec le Fayard, dont la puissance, alliée à celle du Sapin, doit s'étendre sur les Hautes-Cévennes.

Le Forestier a dès maintenant le devoir impérieux et primordial de conserver, améliorer et étendre les peuplements existants (2).

L'A. voudrait faire de l'Yeuse une essence subordonnée. Nous avons montré ailleurs (1) que l'on pouvait faire beaucoup mieux.

Un médecin traitant demande une série de renseignements au radiologue, au neurologue et à d'autres encore.

Le traitement qui sera appliqué sera fonction des renseignements fournis par ces spécialistes divers, mais c'est le médecin traitant qui garde l'entière responsabilité de le concevoir, de le prescrire et d'en suivre les effets.

Le Forestier est lui aussi tenu de faire appel à ces spécialistes que sont notamment le géologue-pédologue et le phytosociologue ; il tend ainsi à faire de son art, un art scientifique, s'éloignant d'autant plus de l'empirisme qu'il acquiert plus de certitude ; mais comme le médecin traitant, il est seul qualifié pour prescrire le traitement. Le vieil adage ne ment pas : « A chacun son métier ».

OUVRAGES CONSULTÉS

—

1. Flaugère, Marcelin, Joubert, Kuhnholtz-Lordat. — L'enseignement de la forêt de Valbonne. *Ann. Ec. nat. d'Agric. de Montpellier*, 1931, nouv. série, t. XXI, fasc. II, III, IV.

2. Flaugère. — *a*) Bibliographie de la Revue des eaux et forêts, mars 1925, p, 125-128. — *b*) La question forestière aux abords méditerranéens. *Bull. Soc. forest. Franche-Comté*, sept. 1932.

(1) Ce concept des essences biologiquement apparentées, établi par Joubert (18) ne paraît pas encore connu des phytosociologues. Il a permis de rapprocher sous une apparence paradoxale, le Chêne vert et le Hêtre. Aucune allusion n'est faite à cette conception dans les ouvrages généraux de phytosociologie.

3. JOUBERT. — Science forestière et sylviculture. *Rev. Eaux et Forêts*, mars 1931.

4. BRAUN-BLANQUET. — Les survivants des périodes glaciaires dans la végétation méditerranéenne. *Station intern. de géobot. médit. et alpine*, n° 16, 1932.

5. CHEVALIER (AUG.). — Forêts primitives et forêts cultivées, d'après Roger Ducamp (A travers les âges. *Journal forestier suisse*, février-mars 1929) — *Rev. de bot. appl. et d'agric. tropic.*, juillet 1929, n° 95, p. 428-434.

6. ISSLER. — Les associations silvatiques haut-rhinoises. *Bull. Soc. bot. France*, session Alsace. 1929.

7. BARRANDON. — Compte rendu de quelques promenades aux environs de Montpellier. *Bull. Soc. bot. France*, 28 juillet 1871.

8. FABRE (G.). — Une nouvelle station du Pin Laricio en France dans le Gard. *Comptes rendus Ac. sc. Paris*, 13 janvier 1896.

9. SAINT-LAGER. — Réfutation de la doctrine concernant les plantes dolomitophiles. *Ann. Soc. d'hortic. et d'hist. nat. Hérault*, 1897, p. 96-99.

10. DUNAL. — Description du *Pinus Salzmanni* de la forêt de St-Guilhem-le-Désert. *Mém. Acad. Montpellier*, 1851.

11. GAUSSEN. — Les forêts méditerranéennes et les conditions post-glaciaires. *Bull. Soc. d'hist. nat. de Toulouse*, t. LXIV, 1932, p. 545.

12. KUHNHOLTZ-LORDAT. — 1922. Quelques considérations économiques sur l'exploitation des Dunes du golfe du Lion. *A. F. A. S. Montpellier* 1922, p. 342-346.

— 1928. Les méthodes actuelles de la géographie botanique ont-elles une portée pratique ? *Bull. Soc. études sc. nat. Nîmes*.

— 1928. La baie d'Audierne et la baie de Douarnenez (mise en valeur des terres de Palue et rôle du Choin (*Schœnus nigricans*). *Ann. Ec. nat. Agr. Montpellier*, XIX, III.

— 1929. Rapports sur les possibilités culturales actuelles du domaine de Saint-Louis (Aude) et sur la géographie botanique de la région de Châteauneuf-des-Papes dans ses rapports avec la délimitation du cru. *Ann. Ec. nat. d'Agric. Montpellier*, XIX, IV, p. 256 et sq.

13. Braun-Blanquet. — 1931. L'importance pratique de la sociologie végétale. *Bull. A. F. A. S., conf. radio.*, janvier 1931, p. 157-164.

14. Liou (Tchen Go). — Etudes sur la géographie botanique des Causses. *Arch. de bot. Caen,* t. III, mém. n° 1, 1929.

15. Beauverie (Mlle). — Les maladies à Ultravirus des Plantes. *Ann. service bot. et agron. Tunisie*, 1932, t. IX.

16. Guyot (A.-L). — Observations sur la distribution géographique de quelques espèces végétales et de certains de leurs parasites naturels (1re Note). *Rev. pathol. vég. et entom. agric.* 7 et 8, oct.-nov. 1930.

17. Blytt (A.). — Om Vegetations forholdene ved Sognefjorden. H. J. Jensen, Christiania, 1870.

18. Joubert. — Formations forestières méditerranéennes. *Conférence*, 25 oct. 1932. *Bull. assoc. amic. anc. élèves Inst. nat. agronomique*, 43e année, n° 12, déc. 1932, p. 474-479.

19. Flaugère. — Les Forêts du Gard. *Le Chêne*, Revue illustrée. Premier trimestre 1933, 2e année, n° 5.

20. Ducamp (R.). — Communication au Congrès 1933 de la Société forestière de Franche-Comté et des Provinces de l'Est. *Bull. de septembre*, 1932.

21. Ducamp (R.). — Pin de Salzmann. *Revue des Eaux et forêts*, octobre 1931.

22. Ducamp (R.). — A la Recherche de formes boisées meilleures. *Revue des Eaux et Forêts*, 1929.

23. Lapie (G.). — La sylviculture française dans la région méditerranéenne. *Ann. Ec. nat. des Eaux et Forêts*, t. II, fasc. 1, 1928, p. 29-106.

ÉTUDE
DE QUELQUES FACTEURS MÉTÉOROLOGIQUES

EN RELATION AVEC LA VÉGÉTATION DE LA VIGNE

Par M. G. **MONTARLOT**

Chef de travaux de météorologie et géologie
à l'Ecole nationale d'Agriculture de Montpellier

En 1932, la végétation de la vigne fut retardée par des conditions atmosphériques défavorables : températures relativement basses et pluies abondantes.

Nous avons examiné quelles furent les relations entre la température, la pluie, la nébulosité et les différentes phases de la végétation de l'Aramon cultivé à l'Ecole nationale d'Agriculture de Montpellier.

D'après les renseignements fournis par M. Bernon, chef de travaux à la chaire de Viticulture de l'Ecole, la végétation de l'Aramon s'effectua de la manière suivante :

Le débourrement fut peu net : il n'eut pas lieu à une date bien déterminée.

Le 4 avril, quelques souches commencèrent à bourgeonner. Puis la végétation s'arrêta et ne recommença vraiment que vers le 12 avril.

On peut donc considérer que le débourrement se produisit pendant la période du 4 au 12 avril.

La floraison fut également indécise. Elle eut lieu vers le 14 juin.

Enfin, *la vendange* fut commencée au 26 septembre.

*
* *

Nous avons étudié les différentes valeurs des facteurs météorologiques pendant chacune des périodes de végétation de l'Aramon, et pendant une période d'environ un mois avant le débourrement (mois de février).

En outre, l'examen des facteurs météorologiques nous a conduit à diviser l'espace de temps sur lequel porte notre étude en périodes, s'ajoutant aux périodes de végétation, et pendant lesquelles les facteurs météorologiques nous ont paru présenter une certaine homogénéité.

Nous avons donc subdivisé notre étude de la manière suivante :

Mois de février.
Période du 1er au 27 mars.
— 27 mars au 4 avril.
— 4 avril au 12 avril.
— 12 avril au 21 avril.
— 21 avril au 1er mai.

Mois de mai.
Période du 1er au 14 juin.
— 14 juin au 1er juillet.
Mois de juillet.
Mois d'août.
Période du 1 au 26 septembre.

*
* *

Afin de rendre plus complet notre travail, nous avons ajouté à l'étude de ces différentes périodes, celle des mois de mars, avril, juin.

*
* *

Nous avons recherché et mis sous la forme d'un tableau récapitulatif, pour chacune de ces périodes, les facteurs météorologiques suivants :

1) La température maxima T prise à 2 mètres sous abri.
2) — minima t — —

3) — moyenne $\frac{M+m}{2}$, calculée d'après la méthode ordinairement employée : on obtient la moyenne M des maxima diurnes en divisant la somme S des maxima par le nombre de jours de la période.

On obtient de même la moyenne m des minima.

On obtient enfin la moyenne de la période en additionnant M et m et en divisant par 2.

4) Le nombre des gelées à 2 mètres sous abri, et sur sol gazonné.

5) La nébulosité moyenne, calculée d'après les nébulosités journalières relevées 2 fois par jour.

6) Le nombre de jours de pluie.

7) La hauteur d'eau donnée par le pluviomètre.

8) La somme des températures, évaluée à l'aide de la méthode Hervé-Mangon, employée également par A. Desmoulins dans son étude sur les « Relations entre la marche annuelle de la température et les phases successives de la végétation » (*Annales de l'Ecole nationale d'Agriculture de Montpellier*. Tome XI, années 1899-1900).

Cette méthode consiste à faire la somme des températures moyennes diurnes (moyenne des maxima et des minima) reçues par le végétal depuis le débourrement, et à défalquer toutes les températures moyennes diurnes inférieures à la température de végétation (10°,5 dans le cas de l'Aramon).

En ce qui concerne les moyennes mensuelles des températures moyennes diurnes, les nombres de jours de pluie mensuels, et les hauteurs d'eau mensuelles, nous avons comparé les valeurs obtenues par nous avec les valeurs moyennes de ces mêmes facteurs pour le climat de Montpellier. Ces valeurs moyennes ont été prises dans l'ouvrage de M. Chaptal, directeur de la Station de Bel-Air : *Les caractéristiques du climat de Montpellier*.

Et dans notre tableau récapitulatif, nous avons inscrit en caractères **gras** ces valeurs moyennes, vis-à-vis des valeurs obtenues par nous pour chacun des mois étudiés.

Dans ce même tableau récapitulatif, nous avons inscrit également en caractères **gras**, vis-à-vis des valeurs moyennes des températures pour chacune des périodes étudiées, les valeurs moyennes normales de ces mêmes températures pour ces mêmes périodes, calculées à l'aide des tableaux annexes aux « Caractéristiques du climat de Montpellier » de M. Chaptal.

Enfin, pour les mois de mars, avril, juin et septembre, particulièrement intéressants par suite du débourrement, de la floraison et de la vendange, nous avons dressé des tableaux contenant en regard ;

1) La courbe des températures maxima diurnes T.
2) — — minima — t.
3) — — moyennes — $\frac{T+t}{2}$

4) Les hauteurs d'eau de chaque jour (indiquée dans le bas de chaque tableau par une colonne dont la hauteur est proportionnelle au nombre de millimètres d'eau recueillis en 24 heures).

5) L'état du ciel, indiqué dans le haut de chaque tableau, à l'aide des signes conventionnels employés dans la carte n° 1 du bulletin quotidien de renseignements de l'Office national Météorologique, à savoir :

○ Ciel pur à $\frac{4}{10}$ couvert.

⊙ Ciel $\frac{5}{10}$ à $\frac{9}{10}$ couvert.

Ciel couvert.

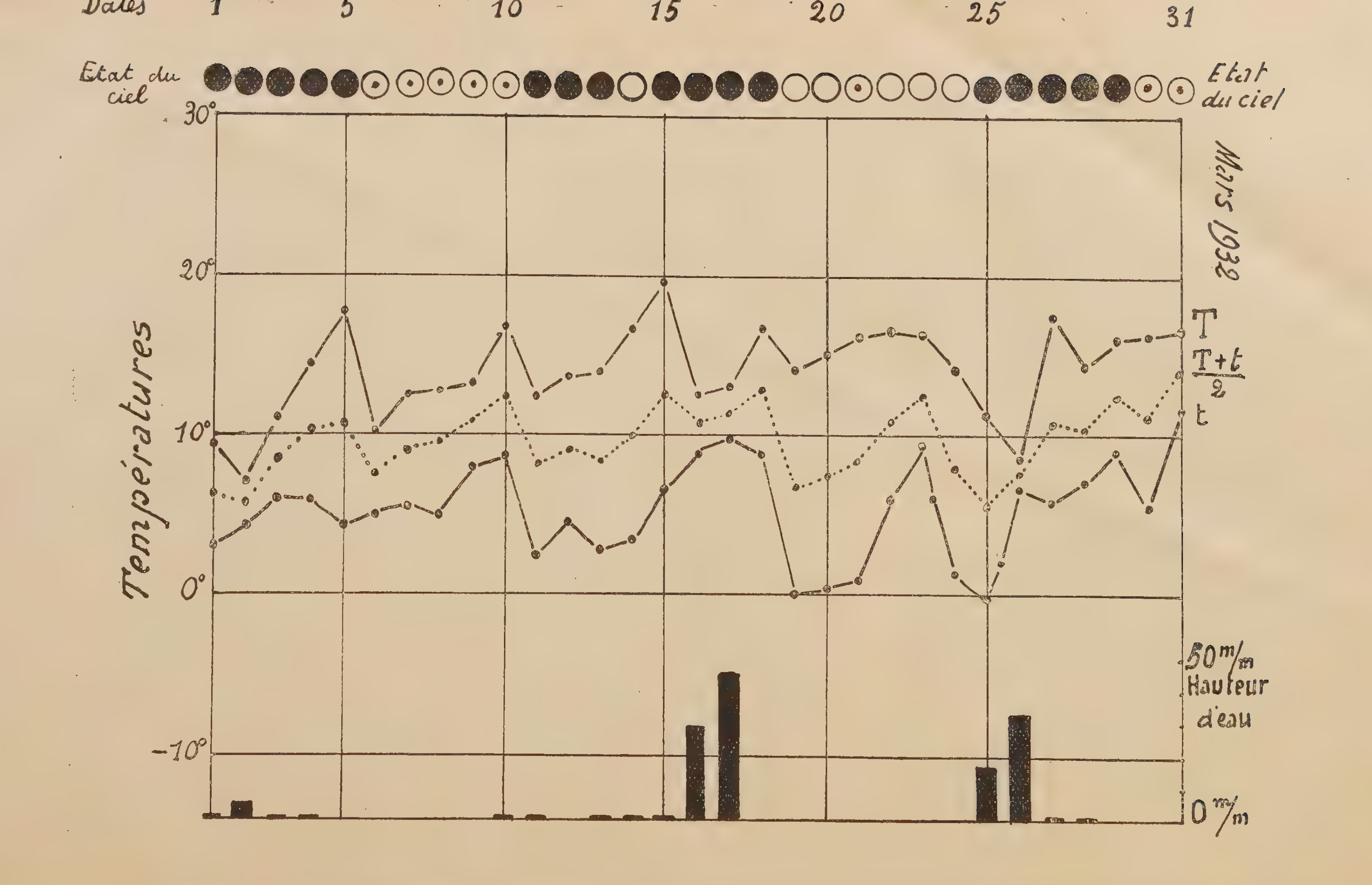
● Pluie.

↓ Orage.

Remarque. — Les hauteurs d'eau indiquées ne correspondent pas toujours rigoureusement aux jours de pluie, pour 2 raisons :

1) En l'absence de toute pluie, une rosée assez abondante produit assez d'eau pour être enregistrée par le pluviomètre.

2) Les observations pluviométriques sont faites chaque jour à 9 heures, et la pluie tombée de minuit à 9 heures est comptée comme pluie de la veille.



Dates
1
5
10
15
20
25
31
Etat du ciel
Etat du ciel
Mars 1932
30°
20°
10°
0°
-10°
Températures
T
$\frac{T+t}{2}$
t
50 m/m
Hauteur d'eau
0 m/m

Etude des facteurs météorologiques pendant la période qui précéda le débourrement.

Mois de Février.

Le mois de février fut relativement froid et sec.

La température moyenne diurne fut constamment inférieure à 10°5, température de végétation de la vigne. La somme des températures fut donc nulle.

La température moyenne du mois (moyenne des températures moyennes diurnes) fut inférieure de 3°2 à la température normale du mois de février à Montpellier.

La quantité d'eau recueillie fut également nettement inférieure à la quantité normale.

Le nombre des gelées fut grand.

La vigne ne fut donc pas préparée à entrer en végétation.

Du 1er au 27 mars.

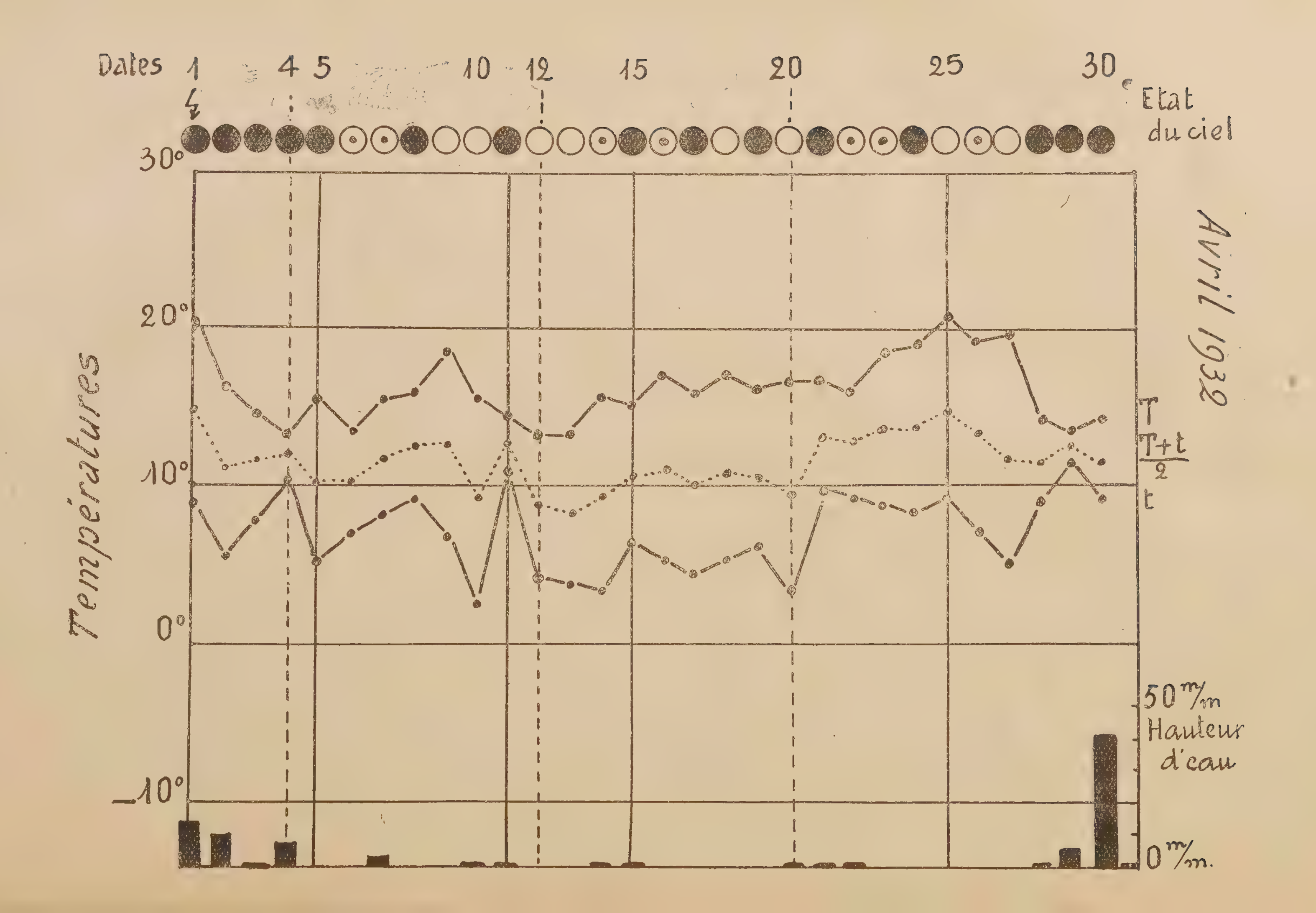
Cette période marque un réchauffement très net de l'atmosphère, puisque la température moyenne, qui était de 4°4 en février, passe à 9°4, restant cependant encore en déficit de 0°5 sur la température normale de mars.

Le nombre des gelées diminue considérablement. La nébulosité croît en même temps que la hauteur d'eau et le nombre de jours de pluie, qui, cette fois, dépassent nettement la moyenne de mars, bien que la période envisagée ne comprenne pas le mois de mars en entier.

Cette période fut donc plus humide, légèrement plus froide que la normale et peu ensoleillée.

La température moyenne diurne fut supérieure ou égale à 10°5 pendant 10 jours non consécutifs, et la somme des températures fut très appréciable (117°2).

La végétation de la vigne fut donc préparée, mais déjà avec un certain retard, si l'on considère que en 1931 le débourrement eut lieu le 27 mars, et en 1930 il eut lieu le 19 mars.



Avril 1932
Dates
1
4
5
10
12
15
20
25
30
Etat du ciel
Températures
30°
20°
10°
0°
–10°
T
$\frac{T+t}{2}$
t
50 m/m
Hauteur d'eau
0 m/m.

Du 27 mars au 4 avril (8 jours).

Le réchauffement commencé au début de la période précédente s'accentue nettement : la température moyenne est exactement la température normale ; *il n'y a plus de gelées à 2 mètres sous abri*, et il y en a une seule à gazon.

D'autre part, la nébulosité et le nombre de jours de pluie s'accroissent encore, relativement à la période précédente. En effet, la période du 27 mars au 4 avril, bien que 3 fois plus courte que la précédente, présente un nombre de jours de pluie seulement environ 2 fois moindre.

En résumé : Température normale, forte humidité et forte nébulosité.

La température moyenne diurne fut chaque jour supérieure ou égale à 10°5.

La somme des températures fut relativement plus élevée que pendant la période précédente, si l'on considère encore une fois l'inégalité de durée des 2 périodes.

Il n'est donc pas surprenant de voir quelques souches débourrer le 4 avril.

Remarque. — Avant le 4 avril, la somme des températures fut : 209°4.

Etude des facteurs météorologiques du débourrement à la vendange.

Du 4 au 12 avril (8 jours).

L'inspection du tableau récapitulatif et du graphique montre que la période du débourrement fut caractérisée par un refroidissement de l'atmosphère : la température moyenne 11°4 est en déficit de 1° sur la normale et elle est légèrement inférieure à celle de la période précédente.

Par contre, la nébulosité, le nombre de jours de pluie, la hauteur d'eau diminuent.

Cette période fut, en somme, plutôt fraîche et assez humide (bien que l'humidité soit en régression sur la période précédente).

La température moyenne diurne fut 2 fois inférieure à 10°5, ce qui n'était pas arrivé pendant la période précédente.

La somme des températures fut nettement inférieure à celle de la période précédente, qui cependant comptait un jour de plus.

Il n'est donc pas surprenant que le débourrement, bien préparé du 27 mars au 4 avril, n'ait pas été favorisé du 4 au 12 avril et ne se soit produit que très péniblement.

Du 12 au 21 avril (9 jours).

La température, plus basse encore que du 4 au 12 avril, est cependant moins variable et est en légère hausse du début à la fin de la période. La température moyenne est en déficit de 3°1 sur la normale. Le nombre de gelées à gazon augmente.

La nébulosité reste forte, et quelques petites pluies se produisent encore.

En somme : période encore plus froide que la précédente, aussi peu ensoleillée, et légèrement moins humide.

La température moyenne diurne fut 5 fois inférieure à 10°5. La somme des températures fut encore plus basse que pendant la période précédente.

Cette période correspond au maximum du refroidissement.

Du 21 avril au 1er mai (10 jours).

La période précédente marque un minimum de la température. A partir du 21 avril, la température s'élève très nettement et tend à se rapprocher de la normale (bien qu'elle soit en déficit de 0°8 sur la normale). Le nombre des gelées à gazon diminue.

Mais la nébulosité et l'humidité augmentent.

Cette période est moins froide que les précédentes, mais très peu ensoleillée et très humide.

A partir du 21 avril, la température moyenne diurne fut constamment supérieure ou égale à 10°5.

La somme des températures est de beaucoup plus élevée que précédemment.

Mois de mai.

L'élévation de température se poursuit, tout en restant inférieure à la normale. Le déficit est de 1°9.

La nébulosité reste très forte, et les pluies plus abondantes que normalement.

En somme, le mois est froid, humide, nébuleux. Il y a même encore quelques gelées à gazon.

Du 1er au 14 juin.

Vers le 14 juin se produisit la floraison : le retard de la végétation observé au débourrement se poursuit ; en effet, la floraison eut lieu le 2 juin en 1931, et le 7 juin en 1930.

Le réchauffement de l'atmosphère est insignifiant par rapport à ce qu'il devrait être : le déficit de la température moyenne sur la normale s'accentue. Il atteint 3°7.

La nébulosité ne diminue pas, et les pluies sont très abondantes.

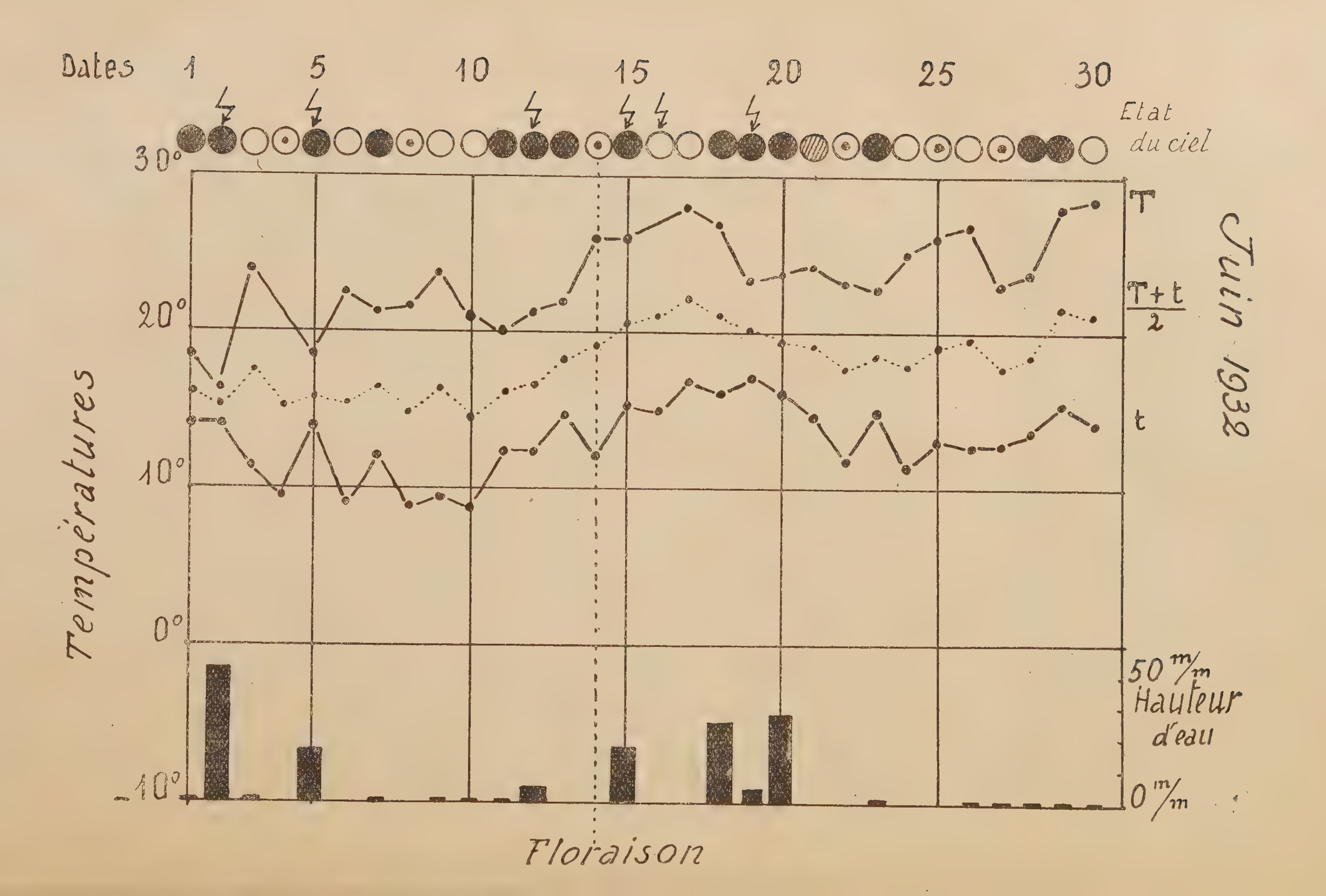
Cette période est donc notablement plus fraîche et plus humide que normalement.

L'examen du graphique de la température de juin nous montre que la température moyenne, relativement basse jusqu'au 10 juin, subit à partir de ce moment une hausse continue et assez forte pendant environ une semaine, ce qui, sans doute, n'a pas été sans influence sur la production de la floraison. En effet, d'après l'ouvrage précédemment cité de Am. Desmoulins : « Relations entre la marche annuelle de la température et les phases de la végétation », la température moyenne de floraison de l'Aramon est comprise entre 17°2 et 18°5. Or, du 1er au 14 juin, la température moyenne ne fut supérieure à 17°2 qu'à partir du 13 juin (exception faite du 3 juin).

A partir du 13 juin, la température moyenne fut constamment supérieure à 17°2.

La somme des températures, du débourrement à la floraison, fut :

923°1, si l'on prend comme date du débourrement le 4 avril.
850°8, — — 12 avril.


Juin 1932
Dates
1
5
10
15
20
25
30
Etat du ciel
T
$\frac{T+t}{2}$
t
30°
20°
10°
0°
-10°
Températures
50 m/m
Hauteur d'eau
0 m/m
Floraison

La moyenne de ces deux nombres est : 886°9.

Ce résultat est de beaucoup inférieur au résultat indiqué dans l'ouvrage de AM. DESMOULINS, et calculé cependant selon la même méthode, et qui est : 1063° en moyenne, avec 930° comme minimum de 8 années.

La somme des températures de floraison pour 1932 est donc inférieure même au minimum de ces 8 années.

Le nombre de jours du débourrement à la floraison fut : 71, alors que le nombre moyen indiqué par AM. DESMOULINS est : 62. On retrouve donc encore ici le retard de végétation constaté au débourrement.

Du 14 juin au 1er juillet.

Le déficit de température continue et reste comparable à ce qu'il était pendant la période précédente. La température, bien que déficiente si on la compare à la normale, est cependant notablement plus élevée que du 1er au 14 juin : le réchauffement de l'atmosphère se poursuit, en conservant son retard, son déficit (3°5).

On doit noter cependant une légère amélioration : La nébulosité tend à diminuer, et va maintenant aller en diminuant presque jusqu'à la fin de la végétation.

Les pluies restent malgré tout très abondantes.

Moïs de juillet.

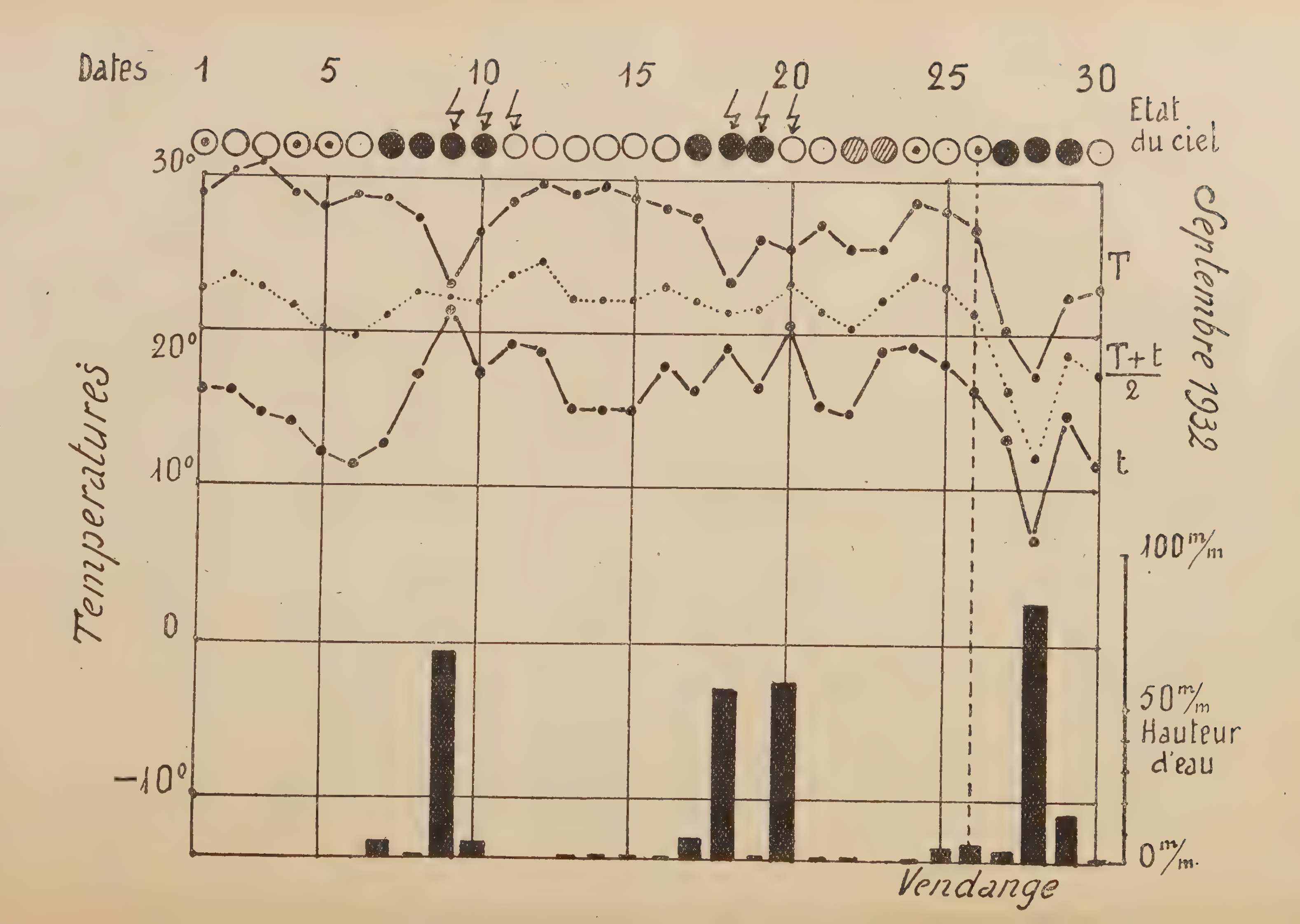
Même remarque que précédemment en ce qui concerne la température : Déficit de 3°4 sur la normale.

La nébulosité continue sa régression, bien qu'elle soit encore assez élevée.

Mais le nombre de jours de pluie et l'abondance des chutes d'eau restent toujours très nettement supérieurs à la normale.

Mois d'août.

Ce mois est caractérisé par un changement dans les conditions atmosphériques : la température, déficiente depuis plusieurs mois, s'élève fortement, et même dépasse légèrement la normale (de 0°4).


Septembre 1932
Dates
1
5
10
15
20
25
30
Etat du ciel
T
$\frac{T+t}{2}$
t
30°
20°
10°
0
−10°
Températures
100 m/m
50 m/m
Hauteur d'eau
0 m/m.
Vendange

La nébulosité devient plutôt faible, et l'abondance des pluies est maintenant en déficit sur la normale, ce qui ne s'était pas produit depuis le mois de février.

Ce mois fut donc chaud, sec, ensoleillé, contrairement aux précédents.

Du 1er au 26 septembre.

La température se maintint continuellement élevée, avec un excès de 2° sur la normale.

La nébulosité fut un peu plus élevée qu'en août.

Le nombre de jours de pluie fut sensiblement normal, mais la quantité d'eau tombée dépassa de beaucoup la normale, par suite de plusieurs orages assez violents, pendant lesquels furent enregistrées de fortes hauteurs d'eau.

Cette période fut relativement chaude, un peu nuageuse, et orageuse ;

La température de maturation de l'Aramon, indiquée par AM. DESMOULINS, est 23°. Elle ne fut atteinte ou dépassée que 8 fois du 1er au 26 septembre. Après quoi la température subit un abaissement considérable, et une période plus fraîche commença.

Cette période du 1er au 26 septembre, bien que plus chaude que normalement, ne put pas être bien favorable à la maturation, puisque 17 jours sur 25 la température nécessaire à son accomplissement ne fut pas atteinte.

Après un débourrement tardif, suivi d'une végétation pénible, effectuée pendant plusieurs mois dans de mauvaises conditions (température déficiente, humidité excessive, insuffisance d'insolation), la vigne atteignit l'époque habituelle de la vendange sans que la maturation fut effectuée. L'année précédente, la vendange avait été commencée à l'Ecole vers le 5 septembre. Ce qui est une date normale. En 1932, elle eut lieu vers le 26 septembre seulement, avec, par conséquent, un retard considérable. Et la maturation, ne s'étant pas produite à l'époque normale, eut beaucoup de difficulté pour s'accomplir pendant le mois de septembre, pendant lequel la température est déjà en baisse relativement à celle du mois d'août.

Ce fut donc une maturation retardée, pénible. Et même les raisins furent parfois vendangés à peine mûrs.

L'excès de température de septembre sur la normale ne fut pas suffisant pour compenser le déficit des mois précédents.

La somme des températures du débourrement à la vendange fut :

3161°3 si l'on prend le 4 avril comme date du débourrement
3089° — — 12 — — — —

Si l'on prend la moyenne de ces deux nombres, on obtient :

3125°

La somme calculée d'après la méthode indiquée par Am. Desmoulin comme moyenne de 7 années successives, est :

3198°

Au cours de ces 7 années, la somme minima fut : 3089°.
— — — — maxima — : 3363°.

Notre nombre de 3125° pour 1932, bien que n'étant pas particulièrement bas, fut donc plutôt un peu inférieur à la moyenne admise jusqu'à maintenant.

Cependant, étant donné le petit nombre d'années d'après lequel a été calculé la somme de 3198°, on peut admettre que cette moyenne n'est pas une donnée définitive. Et, d'autre part, la différence de 3198° à 3125° étant relativement faible, on peut admettre qu'il y a, d'une manière approximative, concordance entre ces deux résultats.

Le nombre de jours de végétation fut :

De la floraison à la vendange :	104
— — maturité (d'après Am. Desmoulins. . .	77
De la floraison à la vendange :	175
— — maturité (d'après Am. Desmoulins. . .	139

Il faut, évidemment, tenir compte de ce que la vendange ne coïncide pas absolument avec la maturité. Mais les écarts ne sont pas de l'ordre de ceux qui existent entre les nombres indiqués par Am. Desmoulin et ceux que nous avons calculés.

La végétation en 1932 fut donc plus lente que normalement.

En résumé, voici quelle fut l'évolution des facteurs météorologiques pendant la période étudiée :

Mois de février plus froid, plus sec, plus ensoleillé que normalement. Ne prédispose pas la vigne à entrer en végétation.

Du 1er mars au 4 avril : réchauffement suffisant pour permettre le débourrement. Nébulosité et humidité croissantes et supérieures à la normale. Température un peu déficiente, ce qui, ajouté à la température très déficiente de février, provoque un retard du débourrement.

Puis, du 4 avril, jusqu'au mois d'août, pendant 4 mois de la végétation de la vigne, le déficit de température s'accroît ; il est à son maximum en juin-juillet. La nébulosité est très forte, le nombre de jours de pluie et la quantité d'eau enregistrée dépassent de beaucoup la normale. D'où le retard observé au débourrement se retrouve à la floraison et s'aggrave après la floraison.

Enfin, à partir d'août la température remonte, redevient normale. La nébulosité redevient faible, et les pluies deviennent même moins abondantes que normalement.

En septembre, temps chaud, un peu humide, orageux, mais arrivant trop tard pour remédier efficacement au retard de la végétation.

***

La végétation fut en retard, et sa durée fut plus longue que normalement.

D'autre part, la somme des températures du débourrement à la vendange fut à peu près normale, peut-être légèrement inférieure.

On pourrait donc en déduire que les conditions météorologiques spéciales de l'année 1932 n'ont pas apporté de changement à la somme des températures nécessaires à la maturation, et que cette somme étant un nombre fixe, la durée de végétation a dû nécessairement être plus longue du fait que les températures journalières étaient inférieures à la normale.

1932	Février	Du 1er au 27 mars	Du 27 mars au 4 avril	Mars	Du 4 au 12 avril	Du 12 au 21 avril	Du 12 avril au 1er mai	Avril
T	14°9	19°.5	20°,1	19°,5	18°,9	17°	20°,4	20°,4
t	—9°,5	—0°,2	5°,5	—0°,2	2°,5	2°,9	4°,5	2°,5
$\frac{M+m}{2}$	4°,4 **7°,6**	9°4 **9°,6**	11°,5 **11°,5**	9°,7 **10°**	11°,4 **12°,4**	10° **13°,1**	13° **13°,8**	11°.8 **13°,2**
Nombre de gelées								
à 2 m. sous abri	19	2	0	2	0	0	0	0
à gazon	29	14	1	14	1	8	2	12
Nébulosité moyenne	4,3	6,6	7,8	6,7	5 7	6	6,9	6,3
Nombre de jours de pluie	5 **9**	13	6	17 **9**	4	3	7	15 **10**
Hauteur d'eau	14mm,5 **49mm,2**	124mm,9	24mm,4	125mm,8 **59mm,7**	7mm	0mm,3	46mm,2	76mm,9 **71mm,9**
$\frac{S+s}{2} \geqq 10°5$	0	117°,2	91°,7		72°3	44°	130°3	
Différence de $\frac{M+m}{2}$ avec la normale	— 3°,2	—0°,2	0°	—0°,3	—1°	—3°,1	—0°,8	—1°,4

1932	Mai	Du 1er au 14 juin	Du 14 juin au 1er juillet	Juin	Juillet	Août	Du 1er au 26 septembre
T	25°,1	24°	28°,3	28°,3	31°	37°	31°,4
t	5°,1	8°,5	11°,5	8°,5	11°,3	14°,2	11°,3
$\frac{M+m}{2}$	15° **16°,9**	16°,3 **20°**	17°,8 **21°,3**	17°,2 **20°,7**	20°,3 **23°,7**	23°,5 **23°,1**	22°,1 **20°,1**
Nombre de gelées							
à 2 m. sous abri	0	0	0	0	0	0	0
à gazon	3	0	0	0	0	0	0
Nébulosite moyenne	6,95	6,9	6	6,4	6,1	4,2	5,2
Nombre de jours de pluie	16 **10**	7	7	14 **8**	15 **6**	8 **6**	7 **6**
Hauteur d'eau	62mm,9 **59mm,7**	62mm,8	76mm,3	139mm,1 **46mm,7**	79mm,4 **27mm,3**	14mm,2 **49mm,2**	199mm,7 **76mm6**
$\frac{S+s}{2} \geqq 10°5$	465°,2	241°,3	322°,5	533°,8	632°,8	729°	553°,9
Différence de $\frac{M+m}{2}$ avec la normale	—1°,9	—3°,7	—3°,5	—3°,5	—3°,4	+0°,4	+1°

Mais, d'autre part, la somme des températures du débourrement à la floraison fut nettement inférieure à la normale. Et comme la somme du débourrement à la vendange a elle même tendance à être inférieure à la normale, il est possible que la vigne ait utilisé en 1932, pour mûrir, une quantité de chaleur moindre que pendant les années normales (il faut tenir compte cependant que les raisins furent parfois vendangés à peine mûrs et que leur maturation complète aurait exigé une quantité de chaleur plus grande, donc plus voisine de la normale).

La durée des phases de végétation ne dépend pas uniquement des quantités de chaleur reçues, mais encore d'un certain nombre d'autres facteurs, dont il n'est pas tenu compte dans le calcul des sommes de températures.

Il ne faut donc pas s'attendre à ce que la sommes de températures soient d'une précision et d'une fixité absolues. De plus, dans le cas de l'Aramon, cette somme n'a été calculée que d'après des observations faites sur 7 années seulement, ce qui est insuffisant pour établir une moyenne bien solide.

C'est pourquoi on doit se borner à enregistrer le fait que pendant l'année 1932 des conditions météorologiques défavorables correspondent à une somme de températures assez comparable à la moyenne de celles qui furent trouvées jusqu'ici, plutôt légèrement inférieure. La variabilité de cette donnée ne permet pas d'établir d'autres conclusions.

BIBLIOGRAPHIE

—

Observations météorologiques de l'Ecole nationale d'Agriculture de Montpellier. — Année 1932.

M.-L. Chaptal. — Les caractéristiques du climat de Montpellier. (*Extrait du Bulletin de la Sociéte languedocienne de géographie.*

Am. Desmoulins. — Relations entre la marche annuelle de la température et les phases successives de la végétation. (*Annales de l'Ecole nationale d'Agriculture de Montpellier*, Tome XI).

Montpellier. — Imprimerie Charles Déhan.

RECHERCHES SUR LE DIAGNOSTIC FOLIAIRE

Recueil des notes insérées
aux Comptes rendus de l'Académie des Sciences 1924-1933

Par MM. H. LAGATU et L. MAUME

Évolution remarquablement régulière de certains rapports physiologiques (chaux, magnésie, potasse), dans les feuilles de la vigne bien alimentée. (*C. R.*, t. 179, p. 782, 20 octobre 1924.)

Sur un coteau siliceux (Grammont près Montpellier), dans une vigne d'aramon qui, par des engrais annuels appropriés, est *bien alimentée*, nous avons en 1923, le 18 de chaque mois, de mai à septembre, prélevé un échantillon des deux feuilles de la base des sarments fructifères, afin d'y étudier l'évolution des rapports des principes minéraux. Nous avons commencé par la chaux, la magnésie et la potasse.

Rapportées à 100 de matière sèche, les masses M_x de chaux, M_y de magnésie, M_z de potasse, trouvées aux différentes époques, figurent au tableau I. Ces mêmes résultats, exprimés à l'aide d'une commune mesure chimique, l'univalence-milligramme alcaline susceptible de neutraliser exactement une molécule milligramme d'acide chlorhydrique, fournissent des nombres directement comparables (inscrits aussi au tableau I) :

$$A_x = 1000 \frac{M_x}{1/2\ \mathrm{CaO}},\quad A_y = 1000 \frac{M_y}{1/2\ \mathrm{MgO}},\quad A_z = 1000 \frac{M_z}{1/2\ \mathrm{K^2O}}.$$

Leur somme est $S = A_x + A_y + A_z$; on a donc $1 = \frac{A_x}{S} + \frac{A_y}{S} + \frac{A_z}{S}$ et, en posant $x = \frac{A_x}{S}$, $y = \frac{A_y}{S}$, $z = \frac{A_z}{S}$, on a $1 = x + y + z$.

L'univalence ou unité alcaline apparaît ainsi comme la somme de trois fractions de natures différentes. C'est là ce que nous appelons l'*unité alcaline composite.*

Il a paru commode de prendre, comme nombres à comparer, $X = 100\,x$, $Y = 100\,y$, $Z = 100\,z$, avec $X+Y+Z = 100$. Cela revient à exprimer l'unité en centièmes, ordre de grandeur auquel atteint la précision de nos mesures et de nos comparaisons. Ces nombres X, Y, Z sont également inscrits au tableau I.

TABLEAU I

Époques d'échantillonnage.	Masses pour 100g de matière sèche			Univalences-milligr. alcalines pour 100g de matière sèche			Alcalinité totale pour 100g de mat. sèche	Constitution de l'unité alcaline composite (en centièmes)		
	CaO M_x.	MgO M_y.	K^2O M_z.	CaO A_x.	MgO A_y.	K^2O A_z.	S.	CaO X.	MgO Y.	K^2O Z.
18 mai....	1,90	0,19	2,32	67,86	9,45	49,36	126,67	53,57	7,46	38,97
18 juin....	2,95	0,30	2,40	105,36	14,93	51,06	171,35	61,49	8,71	29,80
18 juill....	3,85	0,39	1,99	137,50	19,40	42,34	199,24	69,01	9,74	21,25
18 août....	5,90	0,59	1,86	210,71	29,35	39,18	279,64	75,35	14,15	10,50
18 sept....	7,00	0,69	1,43	250,00	34,33	30,43	314,76	79,42	10,91	9,67

En coordonnées trilinéaires (triangle de référence rectangle isoscèle, X compté horizontalement, Y verticalement), les systèmes de valeurs simultanées X,Y,Z, des cinq prélèvements ont leurs points représentatifs sensiblement sur une même droite $Y = mX + P$. La condition que cette droite passe exactement par les points de juin et d'août donne l'équation numérique $Y = 0{,}129\,X + 0{,}77$.

Des deux relations simultanée $X+Y+Z = 100$ et $Y = mX + P$ il résulte que *deux quelconques des variables* X, Y, Z *sont liées entre elles par une équation linéaire* : et c'est là un premier fait physiologique remarquable.

Portons maintenant en simples coordonnées rectangulaires, le temps t compté en mois (18 mai $t = 0$; 18 juin $t = 1$; etc.) comme abscisse, et l'acalinité potasse Z comme ordonnée. Les positions des cinq points suggèrent qu'ils sont sur une parabole à axe vertical, ayant par suite une équation de la forme

$Z = A + Bt + Ct^2$. Si l'on pose comme conditions qu'elle passe exactement par les trois points d'abscisses 0 (mai), 2 (juillet), 4 (septembre), on a l'équation numérique

$$Z = 38,97 - 10,395t + 0,7675t^2.$$

Nous assignons ainsi trois variables X, Y, Z et au temps t les relations suivantes :

$$X + Y + Z = 100, \qquad X = \frac{1}{1+m}[100 - P - A - Bt - Ct^2],$$

$$Y = mX + P, \qquad \text{d'où } Y = \frac{m}{1+m}\left[100 + \frac{P}{m} - A - Bt - Ct^2\right],$$

$$Z = A + Bt + Ct^2, \qquad Z = A + Bt + Ct^2.$$

Chacune des trois variables X, Y, Z *a donc, en fonction du temps, des valeurs successives toutes représentées par une parabole d'axe* $t = -\frac{B}{2C}$. En partant des deux équations numériques déjà indiquées, on trouve :

$$X = 53,375 + 9,207\,t - 0,6798\,t^2,$$
$$Y = 7,565 + 1,188\,t - 0,0877\,t^2,$$
$$Z = 38,970 - 10,395\,t + 0,7675\,t^2,$$

L'axe commun est $t = 6,77$. Le sommet est un maximum pour X et Y, un minimum pour Z. Le tableau II donne l'approximation.

Tableau II

Constitution de l'unité alcaline composite (*en centièmes*)

Temps en mois t.	Alcalinité chaux — Valeur expér. X_1.	Valeur calculée. X.	Erreur absolue $X_1 - X$.	Erreur relative $\frac{X_1 - X}{X_1}$.
0 (mai)	53,57	53,375	+0,195	+0,004
1 (juin)	61,49	61,902	−0,412	−0,007
2 (juillet)	69,01	69,069	−0,059	−0,001
3 (août)	75,35	74,876	+0,474	+0,006
4 (septembre)	79,42	79,323	+0,100	+0,001

	Alcalinité magnésie			
	Y_1.	Y.	Y_1-Y.	$\frac{Y_1-Y}{Y_1}$.
0 (mai)	7,46	7,665	−0,195	−0,026
1 (juin)	8,71	8,755	−0,045	−0,005
2 (juillet)	9,74	9,680	+0,060	+0,006
3 (août)	10,50	10,430	+0,070	+0,007
4 (septembre)	10,91	11,004	−0,094	−0,009

	Alcalinité potasse			
	Z_1.	Z.	Z_1-Z.	$\frac{Z_1-Z}{Z_1}$.
0 (mai)	38,97	38,97	0	0
1 (juin)	29,80	29,342	+0,458	+0,015
2 (juillet)	21,25	21,25	0	0
3 (août)	14,15	14,693	−0,543	−0,038
4 (septembre)	9,67	9,67	0	0

En dehors de trois cas (d'ailleurs explicables) où l'erreur relative s'exprime en centièmes, la concordance de l'expérience et du calcul s'exprime par une erreur relative de 0,001 à 0,009 : elle est tout à fait remarquable pour un phénomène physiologique aussi complexe, un espace de temps de quatre mois et des variations aussi grandes des trois variables.

Nous considérons donc comme démontrée dans ce cas l'étroite solidarité, telle que nous l'avons formulée, des états successifs du chimisme des feuilles pour ce qui concerne les trois bases : chaux, magnésie et potasse.

*
* *

Étude, par l'analyse périodique des feuilles, de l'influence des engrais de chaux, de magnésie et de potasse sur la vigne. (*C. R.*, t. 179, p. 932, 3 novembre 1924.)

Dans la vigne d'expérience en terre siliceuse de Grammont près Montpellier, la parcelle *bien alimentée* [1] a reçu annuellement, depuis cinq ans, une fumure B comprenant, pour un hectare : azote 80^{kg} (40 du sang desséché, 20 de la corne en poudre,

---

[1] *Comptes rendus*, t. 179, 1924, p. 782.

20 du nitrate de potasse) ; potasse 90kg (66 du nitrate, 24 du sulfate) ; acide phosphorique 75kg du superphosphate minéral. Quatre autres parcelles ont été étudiées en même temps. Voici leurs fumures annuelles et leurs rendements de 1921 (sécheresse), 1923 (sécheresse), 1924 (pluies normales) ; en 1922, grêle.

	Poids de raisin récolté sur 130 souches				
	B	B sans K^2O.	B $+CaO$.	B $+CaO+MgO$	Témoin (rien).
	kg	kg	kg	kg	kg
1921...	615	435	555	480	480
1923...	430	300	390	350	400
1924...	795	430	660	455	560

	Rendement pour 100 de la parcelle B.			
	B sans K^2O.	B $+CaO$.	B $+CaO+MgO$	Témoin (rien).
	kg	kg	kg	kg
1921...	70,7	90,2	78,1	78,1
1923...	69,8	90,7	81,4	93,0
1924...	54,1	83,0	57,2	70,4

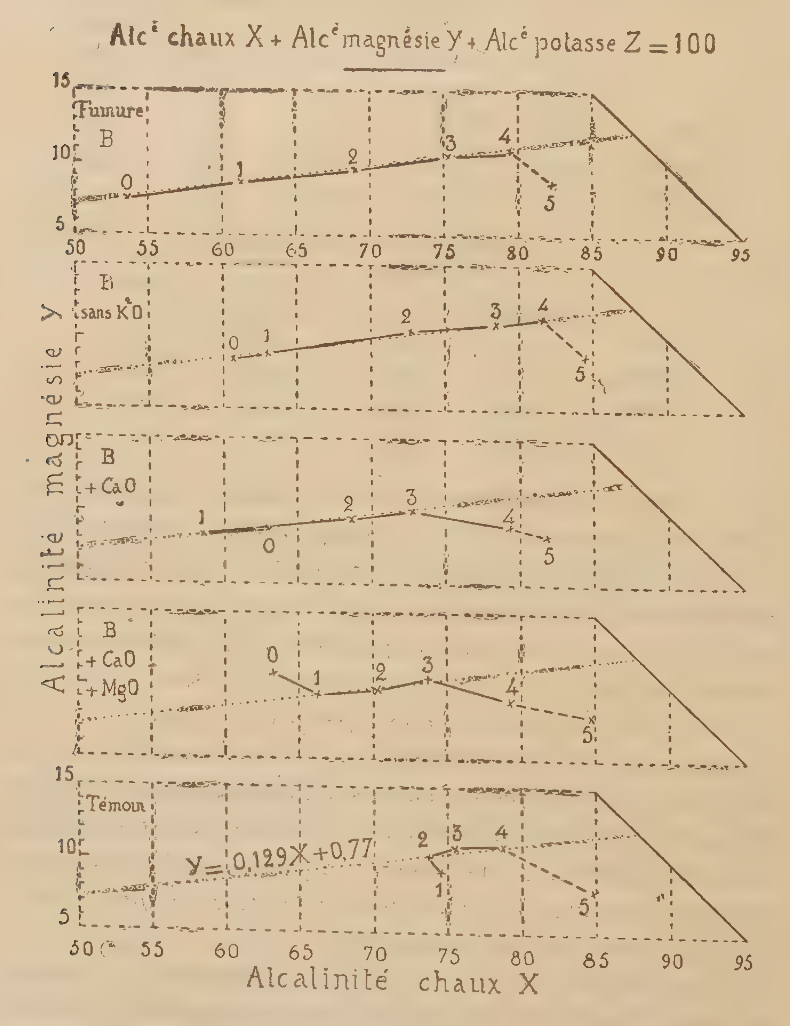
Nos analyses mensuelles de feuilles, dont les résultats déterminent les alcalinités X, Y, Z telles que $X + Y + Z = 100$, portent sur l'année 1923, du 18 mai au 18 septembre, plus un échantillon du 18 octobre, témoin du régime physiologique qui suit la vendange. Nous donnons plus loin les graphiques en coordonnées trilinéaires définis antérieurement. Les nos 0, 1, 2, 3,... mesurent le temps en mois à partir de mai coté 0.

Nous nous proposons d'établir que l'évolution de l'*unité alcaline composite* constitue un diagnostic fidèle et sensible du mode d'adaptation du milieu nutritif aux besoins de la plante en ce qui concerne la chaux, la magnésie et la potasse, si l'on interprète les divers graphiques en considérant comme *graphique optimum* celui qui correspond à la fumure B.

Notons d'abord que les contrastes météorologiques si marqués de l'année 1923 n'ont déformé, pour la parcelle B, ni la ligne droite, ni les trois paraboles solidaires. La constitution de l'unité alcaline composite dépend donc exclusivement du milieu chimique.

Les caractères à comparer sont : la longueur, la place et la forme des divers graphiques. On voit ainsi que :

1° Le *graphique* B *sans* K^2O est plus court et a glissé vers le côté droit, marquant le manque relatif de potasse Z, sans que la chaux X et la magnésie Y aient modifié leur relation propre ;



2° Le *graphique* B + CaO, partant d'une origine trop à droite (excès relatif de chaux), présente un « retour » vers la situation normale et montre que le régime d'après vendange commence

ici avant la vendange, comme si la feuille mal alimentée sevrait prématurément le raisin avant la récolte ;

3° Le *graphique* B + CaO + MgO, partant d'une origine à la fois trop à droite (excès relatif de chaux) et trop haute (excès relatif de magnésie) présente un « retour » vers la situation normale pour la magnésie ; même sevrage prématuré du fruit ;

4° Le *graphique Témoin sans fumure* caractérise la terre exclusivement siliceuse de Grammont comme ayant, à l'égard de la vigne, grand excès relatif de chaux, légère insuffisance de magnésie et défaut très marqué de potasse (l'échantillon de mai $t = 0$ manque).

Le diagnostic est donc *fidèle*. Comme les différences très visibles même à petite échelle, correspondent à des apports agricoles normaux, le diagnostic est donc aussi *sensible*.

Ces recherches, que nous poursuivons, autorisent l'espoir de fonder sur l'analyse périodique de feuilles, convenablement choisies, un contrôle rationnel et pratique de l'influence des divers principes, et une analyse chimique agricole des sols dégagée de toute convention arbitraire de laboratoire.

*
* *

Relation linéaire entre les quantités successives d'acide phosphorique et d'azote contenues dans la feuille de la vigne bien alimentée. (*C. R.*, t. 180, p. 1179, 14 avril 1925.)

Dans la vigne d'expérience de Grammont (1), la parcelle ayant reçu la fumure B a donné en 1924, pour 130 souches, 795 kg. de raisin, soit 226 hl de vin de 9° à l'hectare. Ce rendement très élevé pour un coteau, la végétation luxuriante et la beauté des fruits permettent de dire que dans cette parcelle la vigne a été *bien alimentée*.

Les échantillons périodiques de feuilles, prélevés en 1924 dans les conditions décrites dans nos précédentes Notes, ont

(1) *Comptes rendus*, 179, 1924, p. 782 et 932.

fourni pour 100 de matière sèche, des quantités M_u d'acide phosphoriques (P^2O^5) et M_v d'azote, dont on peut représenter les variations simultanées en prenant pour abscisse la quantité d'acide phosphorique et pour ordonnée la quantité d'azote existant dans la feuille à la même époque. La droite passant par les deux points relatifs aux époques 2 (12 juillet) et 4 (13 septembre) a pour équation

$$M_v = 6,339\, M_u - 0,409.$$

Les ordonnées de cette droite qui correspondent aux quantités successives d'acide phosphorique trouvées par l'analyse diffèrent peu des quantités d'azote trouvées expérimentalement. Voici l'approximation :

Numéro d'ordre des échantillons	Dates des prélèvements	P^2O^5 valeur expér. M_u	Azote valeur expér. M'_v	Azote valeur calculée M_v	Erreur absolue $M'_v - M_v$	Erreur relative $\frac{M'_v - M_v}{M'_v}$
0......	10 mai	0,736	4,50	4,257	+0,243	+0,054
1......	14 juin	0,576	3,14	3,242	−0,102	−0,032
2......	12 juillet	0,544	3,04	3,04	0	0
3......	9 août	0,512	2,78	2,837	−0,057	−0,021
4......	13 sept.	0,320	1,62	1,62	0	0
5......	12 oct.	0,409	2,17	2,184	−0,014	−0,006

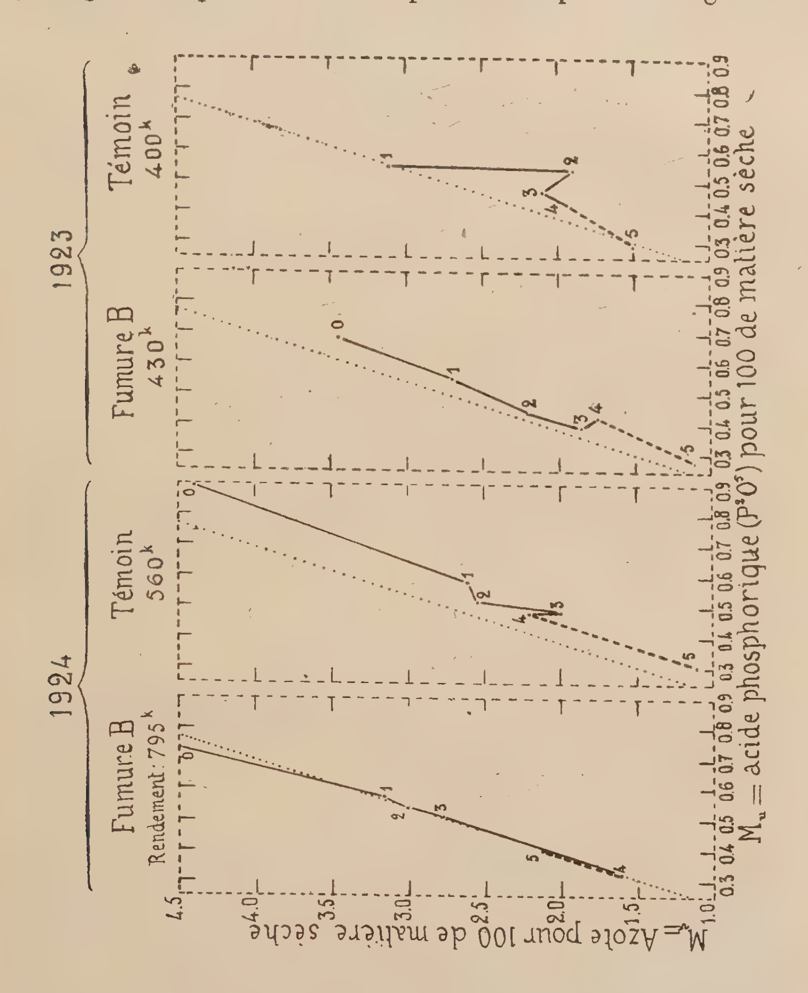
Cette approximation se traduit par une coïncidence presque complète du graphique expérimental avec la droite en question. Nous donnons ce graphique en prenant pour l'échelle de l'acide phosphorique un module double de celui de l'échelle de l'azote.

Si nous interprétons le graphique en admettant que la droite représente le processus de la meilleure alimentation en ce qui concerne l'équilibre de l'acide phosphorique et de l'azote, nous sommes conduits aux conclusions suivantes :

1° En mai, l'azote est en léger excès relatif ; sans doute parce que la partie nitrique de la fumure, jointe à l'azote nitrifié par une saison favorable, exagère l'absorption relative de l'azote : fait qui pourrait devenir nuisible à la plante (la parcelle ou dans la fumure B l'azote organique a été totalement remplacé par l'azote nitrique n'a donné en 1924 que 84 pour 100 du rendement de B) ;

2° En juin, juillet, août et septembre, l'équilibre souhaitable est réalisé ;

3° Après vendange, de septembre à octobre, la feuille rajeunit chimiquement en ce qui concerne l'équilibre azote-acide phosphorique : fait qui est corroboré par le bel aspect de la végétation



d'arrière-saison et la persistance du feuillage vert jusqu'au milieu de novembre, alors qu'au début de novembre la parcelle témoin ne portait plus aucune feuille.

Du même point de vue, les trois autres graphiques montrent, par leur longueur, leur place et leur forme, que l'abaissement

de la récolte concorde avec l'écart par rapport au graphique optimum. La terre non fumée livre à la plante moins d'azote qu'il ne faut pour l'acide phosphorique disponible ; la même insuffisance relative d'azote se retrouve dans la parcelle ayant reçu la fumure B (1923) : la sécheresse a entravé la nitrification de l'azote organique (en 1923 la parcelle où dans la fumure B l'azote organique a été totalement remplacé par l'azote nitrique a donné 112 pour 100 du rendement de B).

Nos observations relatives à l'acide phosphorique et à l'azote apportent donc des conclusions analogues à celles que nous avons déjà indiquées pour les trois bases : chaux, magnésie, potasse. Cet ensemble de constatations fait entrevoir une doctrine qui, sous réserve d'observations ultérieures, peut se résumer ainsi :

1° Dans la plante bien alimentée et à fort rendement, l'évolution des rapports physiologiques des principes fertilisants, observée dans la feuille, paraît obéir à certaines lois très simples ;

2° Ce processus chimique optimum peut servir de référence pour reconnaître, dans le cas d'alimentation défectueuse et de rendement faible, l'insuffisance ou l'excès d'un principe fertilisant par rapport aux autres.

*
* *

Diagnostic de l'alimentation d'un végétal par l'évolution chimique d'une feuille convenablement choisie. (*C. R.*, t. 182, p. 653, 8 mars 1926.)

L'hypothèse de travail qui oriente nos recherches expérimentales (1) consiste à considérer une feuille située près de la base d'un rameau fructifère comme le témoin des courants d'aliments qui vont au rameau ; à chaque instant, on y peut, par les concentrations relatives des divers aliments, déterminer les rapports de vitesses de ces courants, comme on pourrait lire sur des tubes piézométriques les rapports des vitesses de plusieurs veines liquides en mouvement dans un même canal.

(1) *Comptes rendus*, **179**, 1924, p. 782, 932 ; **180**, 1925, p. 1179.

Les larges perspectives qu'une telle hypothèse ouvre sur la physiologie végétale et l'agronomie ne peuvent être envisagées que sous réserve d'un examen préalable, portant notamment sur trois points et établissant : 1° que cette hypothèse met en question des grandeurs dont les variations sont mesurables ; 2° qu'elle est confirmée par ces mesures et susceptible de se transformer en loi physiologique ; 3° qu'elle permet à l'agronome de comparer une alimentation observée à un optimum d'alimentation suffisamment défini.

Nous avons, dans trois Notes précédentes, abordé cet examen en prenant la vigne comme sujet d'observation. Nous avons montré que les divers équilibres d'alimentation imposés à la plante par des engrais différents trouvaient, dans les courants alimentaires de la feuille, une image sensible (premier point) et fidèle (deuxième point). Nous avons montré, d'autre part, que l'amplitude et la régularité des variations du chimisme caractérisent dans la feuille l'optimum d'alimentation, correspondant au maximum de rendement (troisième point). On doit prévoir, en outre, que les exigences simultanées d'une bonne fructification et d'une végétation abondante introduiront des restrictions quant à l'amplitude de variation de chaque aliment.

Nous nous proposons, dans la présente Note, de montrer que l'évolution chimique de la feuille fournit aussi le diagnostic de l'*intensité de l'alimentation* dans le cas où cette alimentation reste qualitativement la même.

Dans la vigne d'expérience de Grammont, sur la parcelle témoin (sans aucun engrais) et sur la parcelle à rendement maximum (fumure B), nous avons soumis 18 ceps à une taille plus généreuse, 9 coursons au lieu de 6. Ces ceps, entourés de ceps semblablement traités, ont reçu exactement la même fumure que les autres ceps de la même parcelle. Toutes choses égales d'ailleurs et sans modifier autour des racines la concentration de l'engrais, nous avons ainsi provoqué un développement plus exigeant de ces ceps. Il s'agissait de savoir si le chimisme de la feuille témoignerait du fait que les mêmes quantités d'aliments, puisés dans les mêmes conditions, devaient être ici réparties entre des rameaux plus nombreux.

Nous n'avons relevé jusqu'à présent que les teneurs en azote ; mais elles sont suffisantes pour répondre à la question posée. Chacun des nombres réunis dans le tableau suivant résulte d'au moins deux dosages concordants au Kjeldahl. La vendange s'est effectuée le 13 et 14 septembre 1925.

Azote pour 100 de la matière sèche de la feuille

	1925........	16 mai	17 juin	16 juillet	14 août	15 sept.	16 oct.
Témoin....	6 coursons.	1,98	1,65	1,50	1,20	1,35	0,95
	9 coursons.	1,05	0,54	0,56	0,48	0,61	0,56
Fumure B.	6 coursons.	2,59	2,15	1,95	1,30	1,75	1,05
	9 coursons.	1,31	0,79	0,65	0,59	0,82	0,50

La chute des teneurs en azote est non seulement saisissable, mais très importante et permanente. Ces documents analytiques expliquent comment les tailles trop généreuses épuisent rapidement une vigne, même soutenue par une fumure qui, appliquée à la même vigne taillée normalement, la garantirait contre tout épuisement. Sous le point de vue qui nous occupe, ces résultats justifient la conclusion suivante :

Chez une même vigne, aussi bien avec une excellente fumure intensive qu'en l'absence de toute fumure, les teneurs en azote des feuilles situées à la base des rameaux fructifères s'abaissent notablement quand on porte de 6 à 9 le nombre des rameaux fructifères par cep. La traduction graphique de ces résultats suggère en outre d'autres remarques dont nous ne ferons pas état en ce moment.

En résumé, dans les limites de nos observations, *le diagnostic tiré du chimisme de la feuille est aussi fidèle et aussi sensible pour l'intensité que pour la nature de l'alimentation.*



Contrôle du mode d'alimentation d'une plante pérenne (vigne) dans le sol donné recevant une fumure donnée.
(*C. R.*, t. 184, p. 229, 24 janvier 1927.)

1° La végétation annuelle d'une plante pérenne correspond à une évolution des besoins alimentaires du végétal, soit quant aux quantités absolues des principes absorbés, soit quant aux

rapports selon lesquels ils sont admis (rapports physiologiques) : c'est l'*évolution chimique annuelle.* — 2° Une même plante, placée dans un milieu chimique identique, suit une évolution chimique différente quand elle se trouve dans des conditions météorologiques différentes : c'est la *subordination du chimisme végétal aux conditions météorologiques.* — 3° Une même plante, dans la même année météorologique, évolue chimiquement d'une manière différente quand on la place dans des milieux chimiques différents : c'est la *plasticité chimique du végétal.*

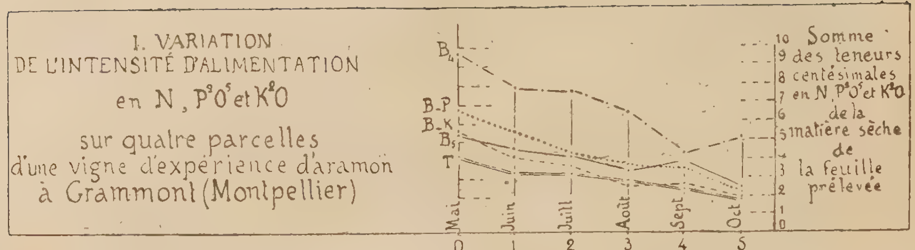
Le développement végétatif n'est, en nature comme en intensité, que la traduction morphologique du train de nutrition. Aux yeux de l'agronome, les divers trains de nutrition, imposés à une plante donnée par diverses suites annuelles de contingences physiques ou chimiques, gravitent autour d'un *type optimum d'évolution chimique annuelle en vue d'un certain genre de produit*, type qu'il s'agit de déterminer par ailleurs. Pour s'en rapprocher le plus possible et disposer utilement à cet effet des facteurs pratiquement accessibles, l'agronome doit savoir comment chaque facteur modifie soit les quantités absorbées, soit leurs rapports.

Or, pour les plantes pérennes, telles que la vigne, la méthode de contrôle par l'analyse périodique d'une feuille convenablement choisie [1] permet des mesures suggestives à cet égard.

Partant des teneurs en N, P^2O^5 et K^2O de 100 de la matière sèche des deux feuilles situées à la base des ramaux fructifères, nous avons dans la somme de ces trois teneurs une mesure de l'intensité de l'alimentation envisagée (graphique I). D'autre part, dans la feuille, pour une masse 100 de ces mêmes trois aliments, il y a, à chaque époque de prélèvement, une répartition ternaire que nous avons figurée (graphique II) par un point représentatif à l'intérieur du triangle équilatéral usité pour les mélanges ternaires, point dont le déplacement indique la variation des rapports physiologiques.

---

[1] *Comptes rendus*, 179, 1924, p. 782, 930 ; 180, 1925, p. 1179 ; 182, 1926, p. 653.



II. VARIATION DES RAPPORTS PHYSIOLOGIQUES

N
50
K^2O
P^2O^5
N = 60
N = 55
N = 50
N = 45
N = 40
N = 35
$K^2O = 35$
$K^2O = 40$
$K^2O = 45$
$K^2O = 50$
$K^2O = 55$
$P^2O^5 = 5$
$P^2O^5 = 10$
$P^2O^5 = 15$
$P^2O^5 = 20$
B - P^2O^5
B - K^2O
B_4
B_5
T

Année	Fumure	Raisins 130 pieds	Cote relative
1924 bonne	—·— B_4 équilibrée	795 kg	147.2
1925 sèche	—— B_5 id.	540	100.0
	······· B moins P^2O^5	324	60.0
	- - - - B moins K^2O	320	59.1
	═══ T sans engrais	440	81.5

On peut constater : 1° l'influence considérable des conditions météorologiques (1924, pluies assez abondantes ; 1925, sécheresse) sur la même parcelle recevant la même fumure B de nos essais ; 2° l'influence non moins profonde, au cours de la même année 1925, de la fumure équilibrée ou non : diagrammes en relation évidente avec la nature de la fumure et qui, en dépit de leur diversité, conservent des analogies d'allure dues à l'identité des conditions météorologiques.

La comparaison des diagrammes et des rendements montre que : *Les fumures qui troublent gravement l'équilibre des rapports physiologiques, tout en provoquant une alimentation globale plus élevée, nuisent au rendement plus que l'absence de toute fumure ;* par contre, dans ce dernier cas, la plante mise à fruit s'épuise peu à peu.

Cette méthode de contrôle permettrait donc de sauvegarder la valeur sociale des énormes capitaux gaspillés dans des fumures mal équilibrées, contre lesquelles ne prémunit aucunement la prétendue analyse chimique agricole des terres.

*
* *

Le diagnostic foliaire et son degré de sécurité. (*C. R.*, t. 188, p. 1062, 15 avril 1929.)

Nous appelons *diagnostic foliaire à un instant donné* l'état chimique, à l'instant considéré, d'une feuille prise en place convenablement choisie ; le *diagnostic foliaire annuel* est constitué par la série des états chimiques de cette feuille relevés par l'analyse à diverses époques réparties sur tout le cycle végétatif.

La question se pose de savoir si, dans le cas d'un sol portant une culture d'apparence homogène, on trouve le même diagnostic foliaire en tous points de la surface de ce sol. A la vérité, la nature ne nous présente guère ni sols ni cultures absolument homogènes. Toutefois on doit bien admettre que des végétaux pratiquement pareils à un moment donné se sont développés dans des conditions de milieu et en particulier d'alimentation pratiquement identiques. Si le diagnostic foliaire est, comme

nous le pensons, un test fidèle et sensible du mode d'alimentation, nous devons donc le trouver pratiquement identique en tous points de la culture préjugée homogène.

Pour établir expérimentalement ce fait essentiel, nous avons déterminé le diagnostic foliaire (azote, potasse, acide phosphorique), à mêmes dates, en des points suffisamment distants d'une même culture, de vigne d'une part, de pomme de terre d'autre part. L'analyse a porté pour la vigne sur l'ensemble des deux premières feuilles au-dessus de l'empattement des rameaux fructifères, et pour la pomme de terre sur l'ensemble des deux premières feuilles qui suivent la feuille caduque située tout à fait à la base des rameaux aériens. Les échantillons ont été pris tout venant sur chaque surface désignée.

La traduction graphique de tous ces résultats fait naître la conviction que les différences observées entre échantillons d'une même culture sont négligeables devant les différences entre cultures différentes d'un même végétal. Le diagnostic foliaire présente donc une sécurité suffisante, et l'on peut admettre que, s'il présente des différences tant soit peu notables, elles doivent être attribuées à des modes d'alimentation différents.

Une telle démonstration, que nous avons fondée sur de plus nombreux exemples, est indispensable pour légitimer la méthode. Il faut en effet choisir entre les deux hypothèses suivantes :

1° Ou bien, *assuré* de la parfaite identité des facteurs du développement de deux échantillons, on trouve des diagnostics foliaires différents ; *assuré* du taux d'absorption d'un aliment, on trouve dans la feuille un taux différent : et alors la méthode, infidèle, doit être abandonnée ;

2° Ou bien toute différence, relevée sur des végétaux supposés identiques au début, est attribuée à une hétérogénéité du milieu et l'on se croit en droit d'admettre que le diagnostic foliaire révèle toujours le mode d'alimentation du végétal, même si l'on avait cru réaliser des influences inverses : et alors nous sommes en possession d'une méthode de contrôle susceptible de signaler des actions physiologiques autres que celles sur lesquelles nous pensions pouvoir compter ; contrôle qui, rectifiant à l'occasion

Pour 100 de matière sèche de la feuille. Année 1928.

Vigne. Terret-Bourret. Coteau. — Pinet (Hérault).

	15 mai			15 juin			17 juillet		
	N	K^2O	P^2O^5	N	K^2O	P^2O^5	N	K^2O	P^2O^5
Éch. nº 1......	3,20	1,54	0,71	1,99	1,12	0,45	1,88	0,89	0,34
Éch. nº 2......	3,23	1,47	0.68	2,07	1,17	0,45	1,91	0,97	0,32
Éch. nº 3......	3,41	1,49	0,73	2,02	1,19	0,48	1,90	1,01	0,32

Vigne. Aramon. Plaine. — Montpellier (Pont-Trinquat).

	11 mai			16 juin			13 juillet			11 août		
	N	K^2O	P^2O^5	N	K^2O	P^2O^5	N	K^2O	P^2O^5	N	K^2O	P^2O^5
Éch. nº 1......	3.03	1,96	1,02	2,48	1,47	0,59	2,10	1,41	0,41	1,65	1.11	0,42
Éch. nº 2......	3,00	1,94	1,04	2,40	1,32	0,56	2,04	1.52	0,51	1,68	1,19	0,40

Pomme de terre (Early rose). — Montpellier (École d'Agriculture).

a. Sans engrais.

	2 mai			22 mai			2 juin			11 juin			19 juin		
	N	K^2O	P^2O^5	N	K^2O	P^2O^5	N	K^2O	P^2O^5	N	K^2O	P^2O^5	N	K^2O	P^2O^5
Parc. nº 1	3,45	5,60	0,88	2,56	4,61	0,77	2,22	4,72	1,04	1,98	4,62	0,82	1,92	5,01	0,87
Parc. nº 11....	3,20	5,34	0,86	2,57	4,82	0,85	2,17	4,48	0,92	1,86	4,21	0,97	1,85	4,77	0,90
b. Avec sulfate d'ammoniaque.															
Parc. nº 8	4,35	5,35	0,63	3,30	4,89	0,54	2,60	4,62	0,85	2,28	3,60	0,38	2,34	3,55	0,37
Parc. nº 18....	4,35	4,80	0,62	3,11	4,90	0,51	2,80	3,81	0,79	2,52	3,66	0,39	2.55	3.81	0,38

Éch. = Échantillon. — Parc. = Parcelle.

des vues inexactes, pourra être la source de perfectionnements dans la pratique agricole.

La présente Note et toutes nos observations antérieures (1), corroborées par le développement et le rendement des plantes, montrent que la vérité réside dans cette seconde hypothèse.

*
* *

Observation, par le diagnostic foliaire, du phénomène de remplacement physiologique mutuel de deux bases : chaux et potasse. (*C. R.*, t. 190, p. 389, 10 février 1930.)

La physiologie végétale ne peut manquer de tirer profit de la méthode de contrôle de l'alimentation des plantes cultivées que nous avons instituée sous le nom de *diagnostic foliaire* (2) et qui est déjà appliquée dans plusieurs stations agronomiques françaises et étrangères. En voici un exemple.

En 1929, nous avons cultivé une même variété de Pomme de terre, Royal Kidney, d'une part dans une terre très calcaire de l'Ecole d'Agriculture de Montpellier, d'autre part dans une terre non calcaire du domaine de Malbosc, au nord de Saint-Pons (Hérault), dont le propriétaire M. Ludovic Gaujal a généreusement contribué aux frais de l'expérience. De ces champs d'essai nous ne considèrerons que les parcelles n°s 1 et 11 sans engrais et les parcelles n°s 2 et 12 ayant reçu une fumure complète (sulfate d'ammoniaque, superphosphate, chlorure de potassium). Les deux feuilles situées à la base des rameaux issus directement du tubercule-mère ont été prélevées à plusieurs époques et soumises à une analyse dont nous ne retiendrons ici que les résultats en potasse K^2O et en chaux CaO.

---

(1) *Comptes rendus*, **179**, **1924**, p. 932 ; 180, 1925, p. 1179 ; 182, 1926, p. 653 ; **184**, 1927, p. 229, *Acad. d'Agriculture*, **13**, 6 avril 1927, p. 437, **18** mai **1927**, p. **548** ; **14**, **13** juin **1928**, p. **762**. Etc.

(2) *Comptes rendus*, 188, **1929**, p. 1062.

Pour-cent de matière sèche de la feuille

1929. — *Montpellier*

		14 mai		3 juin	
		N° 1.	N° 11	N° 1.	N° 11
Témoins	K^2O.....	5,50	5,61	4,14	3,37
	Ca O.....	6,10	6,29	7,42	7,36
		11,60	11,90	11,56	10,73

		26 juin		9 juillet		24 juillet	
		N° 1.	N° 11.	N° 1.	N° 11.	N° 1.	N° 11.
Témoins	K^2O... .	2,79	2,37	2,36	2,09	1,83	1,55
	Ca O.....	8,98	8,92	9,38	9,24	3,93	9,23
		11,77	11,29	11,74	11,33	10,76	10,78

		14 mai		3 juin	
		N° 2.	N° 12.	N° 2.	N° 12
Fumure complète	K^2O...	5,45	5,32	4,64	3,50
	Ca O....	6,40	6,52	8,02	8,17
		11,85	11,84	12,66	11,67

		26 juin		9 juillet		24 juillet	
		N° 2.	N° 12.	N° 2.	N° 12.	N° 2.	N° 12.
Fumure complète	K^2O...	3,01	2,09	2,60	2,49	1,86	1,73
	Ca O....	7,89	7,94	9,41	9,34	10,05	9,12
		10,90	10,03	12,01	11,83	11,91	10,85

1929. — *Malbosc*

		29 juin		22 juillet		10 août	
		N° 1.	N° 11.	N° 1.	N° 11.	N° 1.	N° 11.
Témoins	K^2O...	7,47	7,43	6,02	5,61	4,89	4,56
	Ca O. .	4,31	4,41	4,69	4,89	4,92	4,99
		11,78	11,84	10,71	10,50	9,81	9,55
		N° 2.	N° 12.	N° 2.	N° 12.	N° 2.	N° 12.
Fumure complète	K^2O...	8,14	8,39	6,41	6,57	5,53	3,26
	Ca O...	4,08	4,21	4,78	4,58	4,97	5,25
		12,22	12,60	11,19	11,15	10,50	8,51

Pour une somme à peu près constante, la répartition entre la potasse et la chaux est inversée quand on passe de la feuille en station calcaire (Montpellier) à la feuille en station non calcaire (Malbosc).

La feuille de la Pomme de terre dispose donc, dans une assez large mesure, du rapport de ses teneurs en potasse et en chaux pour adapter son travail chimique, non seulement aux besoins spéciaux de chaque nouveau tissu (feuilles, tubercules), mais aussi aux ressources que lui offre chaque sol par l'intermédiaire des racines.

Il est digne de remarque que la feuille de Malbosc, prédestinée à faire son lest alcalin avec la potasse et non avec la chaux, soit *dès le début, alors que la chaux ne paraît pas manquer encore,* beaucoup plus riche en potasse que la feuille de la terre calcaire, en telle manière qu'elle puisse livrer de la potasse aux nouveaux tissus en formation et cependant mourir riche en potasse, tandis que la feuille de l'Ecole d'Agriculture meurt très riche en chaux et pauvre en potasse.

Nous avons analysé le bouquet de petites feuilles prélevées le 14 septembre à Malbosc au sommet des tiges partiellement défeuillées.

POUR-CENT DE MATIÈRE SÈCHE DU BOUQUET TERMINAL DES TIGES
(14 septembre).

	Témoins.		Fumure complète.	
	n° 1.	n° 11.	n° 2.	n° 12.
K^2O	3,70	3,90	3,99	4,18
CaO	2,49	2,79	3,06	3,08
	6,19	6,69	6,05	7,26

Les jeunes feuilles des sommets des tiges, vingt-sept jours avant la récolte, conservent donc encore, à Malbosc, une teneur en potasse supérieure à la teneur en chaux. Mais elles sont beaucoup moins riches en potasse que les feuilles de juin. Elles ne doivent d'ailleurs pas se développer ; et nous constatons qu'elles portent à leur début le signe chimique de leur courte destinée, tandis que les feuilles de juin portaient à leur début la condition chimique d'une ample évolution.

*
* *

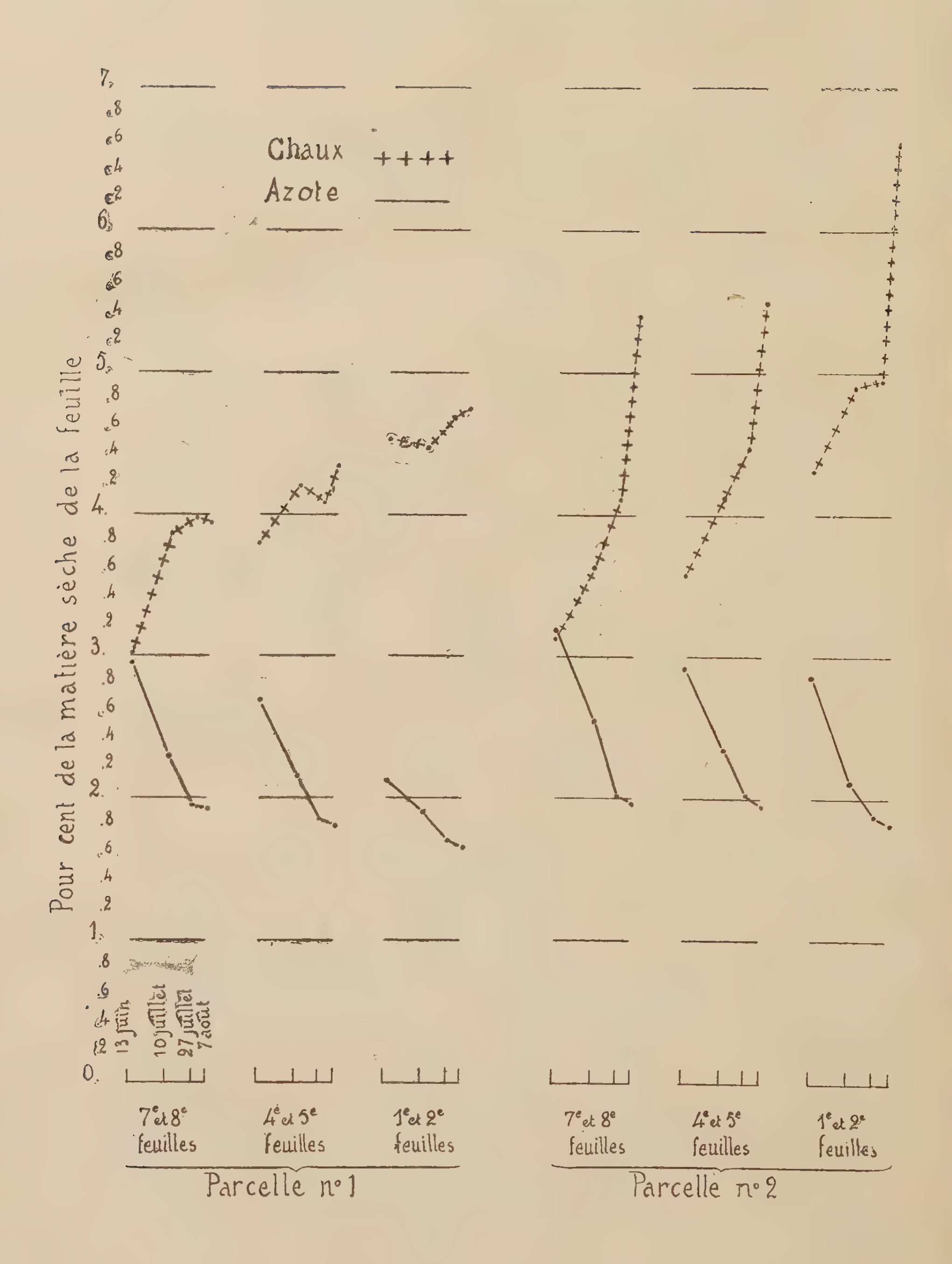
Évolution chimique comparée des feuilles de la vigne prélevées à des hauteurs différentes sur les rameaux.
(*C. R.*, t. 180, p. 1137, 12 mai 1930)

La définition que nous avons donnée (1) du *diagnostic foliaire*, analyse périodique d'une feuille prise en place convenablement choisie, laisse à l'expérimentateur le choix de la place de la feuille à prélever sur les rameaux. Cette latitude suppose qu'en interrogeant une feuille de rang quelconque, on obtient une réponse de même nature. Il est clair cependant que, si une perturbation nutritive transitoire s'est produite avant la naissance d'une feuille, celle-ci ne saurait en rendre compte ; mais si le type alimentaire de la plante est modifié d'une manière permanente, trouve-t-on également dans les feuilles de différents âges les caractéristiques de cette alimentation modifiée ? Nous avons soumis cette question à l'expérience.

Sur une petite parcelle de vigne Grand-Noir, située dans le terrain très calcaire de la Station de recherches chimiques de Montpellier, deux parties, qu'on avait des raisons de croire différemment alimentées, ont été l'objet en 1929 de quatre prélèvements de feuilles, et à chaque échantillonnage, on a prélevé simultanément : la première et la deuxième à partir de la base (formant un premier échantillon) ; la quatrième et la cinquième feuille (2e échantillon) ; la septième et la huitième feuille (3e échantillon). Le graphique ci-après fournit une vue synoptique des résultats d'analyse en ce qui concerne l'azote et la chaux. La parcelle nº 1, témoin, n'avait subi de notre part aucune intervention. Dans la parcelle nº 2, la perturbation alimentaire résultant de notre intervention a déterminé une élévation notable de l'azote des feuilles et un régime tout différent de la chaux qui s'est accumulée dans les feuilles avec une vitesse et une intensité beaucoup plus grandes.

---

(1) *Comptes rendus*, 188, 1929, p. 1062.


Chaux ++++
Azote ——
Pour cent de la matière sèche de la feuille
13 juin
10 juillet
27 juillet
7 août
7e et 8e feuilles
4e et 5e feuilles
1e et 2e feuilles
Parcelle n° 1
7e et 8e feuilles
4e et 5e feuilles
1e et 2e feuilles
Parcelle n° 2

La comparaison des feuilles de même rang, quel que soit ce rang, signale les mêmes différences dans le mode d'alimentation. — Au même moment, une feuille plus âgée présente, à peu de chose près, le diagnostic foliaire qui serait le prolongement de celui d'une feuille plus jeune prise à l'âge qui convient.

Le bénéfice principal de cette observation concerne le diagnostic foliaire des plantes dont les premières feuilles meurent avant la fin du cycle végétatif ; on voit que l'on peut prendre des feuilles successives comme relais. On voit aussi qu'il est vain de chercher une indication sur le mode d'alimentation d'un végétal par l'analyse en bloc de l'ensemble du feuillage d'un rameau ou de la plante entière puisque les résultats sont surtout influencés par les proportions selon lesquelles sont mélangées des feuilles d'âges différents et, par suite, de compositions différentes.

La perturbation qui a déterminé les différences alimentaires dans la parcelle n° 2 a consisté dans l'ablation de toutes les grappes, le 13 juin, au moment du premier échantillonnage. Nous poursuivons cette étude du retentissement alimentaire de la suppression des raisins, problème qui ne fait pas l'objet propre de la présente Note.

∴

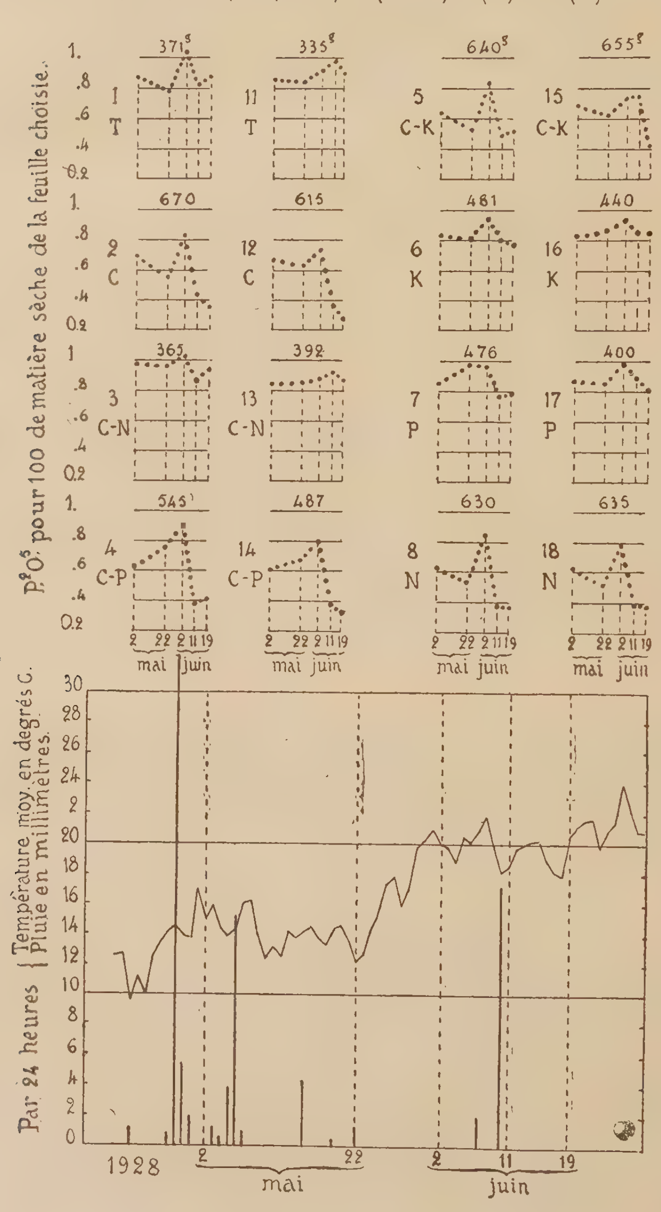
Observation, par le diagnostic foliaire, de l'influence de la température sur le mode d'alimentation d'un végétal. (*C. R.*, t. 190, p. 1516, 23 juin 1930.)

Pour l'étude du diagnostic foliaire de la pomme de terre, nous avons établi en 1928 un champ d'essais dans la terre calcaro-argileuse de l'enclos de la Station de recherches chimiques de l'Ecole d'Agriculture de Montpellier.

A partir d'une fumure complète C comportant, par hectare et sans fumier, 200 kg de K^2O en chlorure de potassium, 134 kg de N en sulfate d'ammoniaque et 67 kg de P^2O^5 en superphosphate, nous avons, par suppression d'un ou de deux principes

fertilisants, constitué deux séries semblables de huit parcelles de 35$^{m^2}$, occupées par 120 plants et disposées de la manière suivante :

(15(C—K)	16(K)	17(P)	18(N)	11(T)	12(C)	13(C—N)	14(C—P)
1(T)	2(C)	3(C—N)	4(C—P)	5(C—K)	6(K)	7(P)	8(N)



L'année 1928, avec ses pluies abondantes d'automne, d'hiver et de printemps, fut favorable à nos cultures. Nous avons déterminé le diagnostic foliaire (K^2O, N, P^2O^5, CaO) des deux feuilles de base des rameaux issus des tubercules mères. L'ensemble de nos observations sera publié dans un autre Recueil.

Alors qu'un diagramme normal de P^2O^5 forme une courbe régulièrement décroissante, tous les diagrammes de P^2O^5 en 1928 présentent un maximum le 2 juin, maximum suivi, uniquement dans les parcelles azotées à meilleur rendement, d'une descente notable de la courbe du 2 juin au 19 juin. Le graphique des pluies et des températures moyennes par 24 heures montre que la répartition des pluies ne saurait expliquer la perturbation nutritive intervenue pour P^5O^5, entre le 22 mai et le 2 juin. Au contraire, en tenant compte de l'élévation notable de la température moyenne, qui passe de 14 à 21°, le diagnostic foliaire, grâce aux époques appropriées d'échantillonage, met en évidence des faits qu'on peut interpréter de la manière suivante :

1° La plante a eu jusqu'au 22 mai son développement réglé par une température moyenne de 14° environ ;

2° Du 22 mai au 2 juin, la température moyenne, passant de 14 à 21°, a incité à un développement plus rapide la plante qui, pendant cet intervalle de temps, a absorbé plus d'acide phosphorique qu'elle n'en a utilisé, d'où tendance au maximum de teneur dans la feuille ;

3° Du 2 au 19 juin, la température restant élevée, les nouveaux tissus et surtout les tubercules se sont formés plus abondamment dans les parcelles azotées (rendement : 487 à 670 gr. de tubercules frais par pied, au lieu de 335 à 481 gr. dans les parcelles non azotées ; la plante assimilait plus d'acide phosphorique que la feuille n'en recevait, d'où chute de la teneur dans la feuille, ce qui est le processus normal,

En résumé, tandis que dans les parcelles sans azote l'acide phosphorique de la feuille, bien que plus abondant, est demeuré presque sans emploi, celui des parcelles azotées, qui s'était engagé d'abord dans un diagramme décroissant à début peu

élevé, s'est brusquement relevé sous l'effet d'une élévation de température pour prendre un autre diagramme plus décroissant et à début nettement plus élevé. A la lente assimilation des pays froids, a succédé, le 2 juin, l'assimilation rapide des pays chauds.

∴

Réponse explicite du diagnostic foliaire, alors que les autres moyens d'observation restent muets. (*C. R.*, t. 191, p. 579, 6 octobre 1930.)

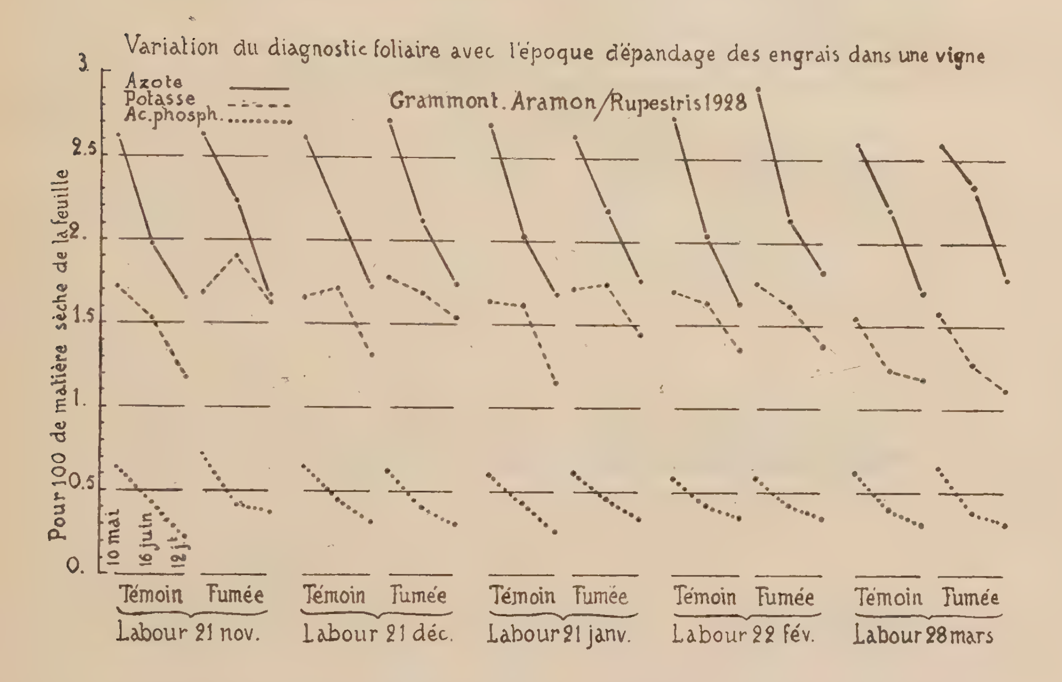
Dans certaines expériences d'engrais sur vignes, l'aspect de la végétation et les rendements peuvent ne rien indiquer, alors que les diagnostics foliaires, interprétés selon des règles aujourd'hui établies, peuvent fournir une réponse utile. C'est le cas de l'expérience suivante, instituée pour étudier l'influence de l'époque d'épandage d'une formule de fumure de la vigne sur le mode d'action des divers engrais qui la composent.

Dans une vigne d'Aramon sur *Rupestris*, située au sommet du coteau caillouteux non calcaire de Grammont près Montpellier, 5 parcelles de 8 rangées de 40 souches ont été respectivement labourées les 21 novembre, 21 décembre 1927, 21 janvier, 22 février, 28 mars 1928. Sur les 8 rangées, 4 seulement ont été, à l'époque du labour, fumées à raison, par hectare, de 80 kg d'azote du sulfate d'ammoniaque, 120 kg de potasse du sulfate, 75 kg d'acide phosphorique du superphosphate. Sur les 80 souches des deux rangées intérieures de chaque bande, on a, les 10 mai, 16 juin, 12 juillet 1928, prélevé des échantillons des deux feuilles situées à la base des sarments fructifères (ces feuilles étaient déjà sèches et tombées en août) et le 17 septembre, on a cueilli les raisins qu'on a pesés

Ni l'aspect de la végétation, ni les rendements n'ont présenté des différences à retenir entre les témoins et les parcelles fumées aux différentes époques. Par contre, ainsi qu'on en peut juger sur les graphiques ci dessus, les diagnostics foliaires montrent :

1° Que la vigne a été faiblement alimentée, car la feuille d'Aramon bien alimentée présente, pour 100 de matière sèche,

une teneur de début en azote atteignant ou dépassant 4, en potasse 2 à 3, en acide phosphorique dépassant 1 ; la mauvaise alimentation tient ici à la sécheresse, le sol caillouteux du coteau n'ayant pas gardé l'eau d'automne et de printemps, les pluies ayant



d'ailleurs cessé du 6 mai (15^{mm},1) au 10 juin (17^{mm},2) et au 29 août (17^{mm},5) jusqu'aux vendanges ;

2° Que l'azote de l'engrais n'a agi d'une manière sensible qu'avec le labour et la fumure du 22 février, suivi de 137^{mm} de pluie du 1er au 4 mars ; le labour favorisant d'ailleurs le témoin comme la partie fumée ;

3° Que l'acide phosphorique de l'engrais n'a pas été absorbé ;

4° Que l'époque d'épandage a eu une influence marquée sur l'absorption par la feuille de la potasse de l'engrais, absorption plus importante pour l'épandage de novembre, un peu moindre pour ceux de décembre et de janvier, peu sensible pour celui de février, insignifiante pour celui de mars.

Le diagnostic foliaire montre donc ici que les épandages de novembre, décembre et janvier sont les plus efficaces pour la nutrition potassique de la feuille de vigne.

Maïs, à cause de la sécheresse d'été, *l'absorption* meilleure n'a pas été suivie *d'assimilation*, ce que montrent les diagrammes peu ou point descendants de la potasse.

Ces conclusions sont en accord avec le fait que la fumure n'a pu modifier ni la végétation ni le rendement ; en accord aussi avec les résultats de la pratique viticole quant au meilleur effet de l'épandage hâtif des engrais potassiques.

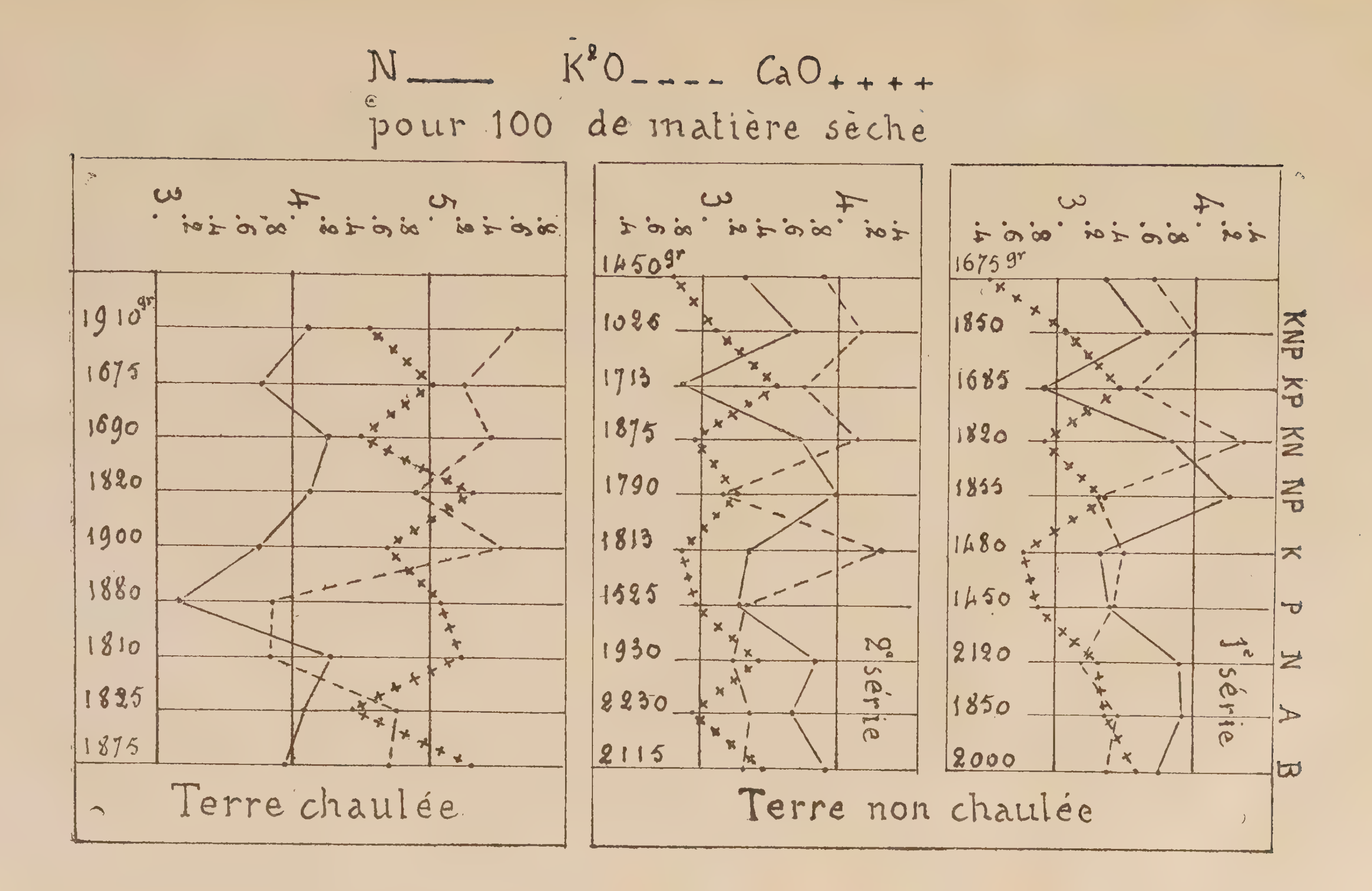
Cette expérience qui, comme il arrive si souvent pour la vigne, eût été muette avec les procédés ordinaires d'observation, a donc fourni par le diagnostic foliaire une réponse explicite.

* * *

Variation des rapports physiologiques entre les Constituants minéraux d'une espèce végétale. (*C. R.*, t. 193, p. 103, 15 juillet 1931.)

L'ensemble de nos observations sur la cinématique de l'alimentation minérale d'une feuille prise en place déterminée (diagnostic foliaire) nous a conduits, contrairement à la doctrine couramment enseignée de la fixité des rapports physiologiques dans une espèce végétale donnée, à admettre une grande variabilité de ces rapports. La composition minérale d'une espèce végétale semble ne pouvoir être définie qu'en relation avec le mode et l'ampleur de son développement.

L'analyse du bouquet de petites feuilles qui subsiste comme dernier organe vert au sommet des fanes de la pomme de terre, pendant la période végétative au cours de laquelle les organes verts s'épuisent au profit des tubercules, nous a paru présenter un certain intérêt du point de vue où nous venons de nous placer. Puisque ce résidu de végétation, destiné à une fin prochaine, ne saurait avoir de fonction assimilatrice notable ; puisque sa faible teneur en potasse, souvent de moitié moins élevée que dans les jeunes feuilles du début, témoigne déjà de l'abandon


N ——— K²O - - - - CaO + + + +
pour 100 de matière sèche
Terre chaulée
Terre non chaulée
1re série
2e série
KNP KP KN NP K P N A B
1910gr 1675 1690 1820 1900 1880 1810 1825 1875
1450gr 1026 1713 1875 1790 1813 1525 1930 2230 2115
1675gr 1850 1685 1820 1855 1480 1450 2120 1850 2000

qu'en fait la plante en tant qu'organe à développement ultérieur, la question peut se poser de savoir si le chimisme de ces petites feuilles tardives obéit encore aux caractéristiques du sol et des engrais : ou si, échappant aux contraintes du milieu chimique, ces organes, en survie plutôt morphologique que physiologique, ne s'en tiennent pas à des caractères proprement spécifiques, auquel cas on devrait leur trouver la même composition dans diverses parcelles diversement enrichies de sels alimentaires.

Nos cultures, faites en 1929 dans une terre humifère de schiste séériciteux granulitisé du massif de l'Espinouse (Cévennes), comprenaient d'une part deux séries de dix parcelles où, en dehors du témoin, les apports procédaient d'un mélange ternaire KNP comportant, par hectare, 200 kg de K^2O du chlorure de potassium, 134 kg de N du sulfate d'ammoniaque, 67 kg de P^2O^5 du superphosphate, ce qui donne aux rapports $K^2O/N/P^2O^5$ la valeur 3/2/1. Résultant de suppressions dans KNP, les apports dans les diverses parcelles sont indiqués au sommet de notre graphique. On y a joint deux autres apports ternaires contenant tous deux la même quantité de K^2O, 200 kg à l'hectare, mais où les rapports $K^2O/N/P^2O^5$ étaient respectivement, pour la parcelle A 1/1/1, pour la parcelle B 1/2/3. D'autre part, neuf autres parcelles, formant une troisième série, ont reçu exactement les mêmes sels, mais la terre, notablement acide ($pH = 5{,}5$), y avait été préalablement chaulée à raison de 2000 kg de chaux par hectare (la parcelle exclusivement chaulée n'a pas été réalisée).

Les échantillons du bouquet terminal de petites feuilles ont été prélevés le 14 septembre, vingt-sept jours avant la récolte : c'est dans ce dernier intervalle de temps que se sont formés plus des deux tiers du poids des tubercules, dont le poids frais total en grammes par pied est indiqué pour chaque parcelle. Dans ces échantillons, nous avons déterminé les teneurs de la matière sèche en potasse, azote, chaux et acide phosphorique (pour des raisons d'échelle nous n'avons pas porté sur notre graphique les teneurs en acide phosphorique).

Les diagrammes donnent à la question que nous nous sommes posée une réponse très nette : la composition minérale de ces bouquets terminaux est partout notablement influencée par les sels nutritifs et par la chaux.

La grande analogie des diagrammes fournis par les deux premières séries de parcelles confirme la valeur du document mis en évidence : en dépit de quelques différences, les trois principes fertilisants sont, dans les parcelles homologues, toujours rangés quantitativement dans le même ordre, qui varie pour les parcelles non homologues. Le décalage des diagrammes et la perturbation des rapports physiologiques par l'intervention de la chaux sont très remarquables.

Conclusion. — Jointe aux études que nous avons déjà publiées (*Comptes rendus*, 190, 1930, p. 389; *Annales de la Science agronomique*, 1930, p. 595-653), cette expérience démontre qu'en ce qui concerne les teneurs de la matière sèche en azote, potasse et chaux, les feuilles du sommet des rameaux ont, comme les premières feuilles et jusqu'à la fin de la végétation, une composition variable avec la nature du milieu chimique. Il ne convient pas d'en conclure que la tendance spécifique du végétal soit chimiquemcnt inagissante; mais simplement que, rencontrant des obstacles, elle n'aboutit pas à un type constant de composition minérale de la matière sèche, et que, en fait, dans le feuillage du végétal étudié, il n'y a aucun refuge pour l'hypothèse d'une constance spécifique des rapports physiologiques.

***

Étude des variations de la teneur en azote en des points très localisés du feuillage de la vigne. (*C. R.*, t. 194, p. 679, 22 février 1932.)

Au sujet du diagnostic foliaire de la vigne, nous nous sommes proposé de voir si, en prélevant à l'emporte-pièce sur le pourtour du limbe à différentes époques un fragment d'*une même feuille*, on retrouverait les caractéristiques relevées pour l'azote par le mode d'échantillonnage habituel, faisant porter l'analyse sur des lots de feuilles de même rang prélevées sur plusieurs rameaux fructifères appartenant à plusieurs souches.

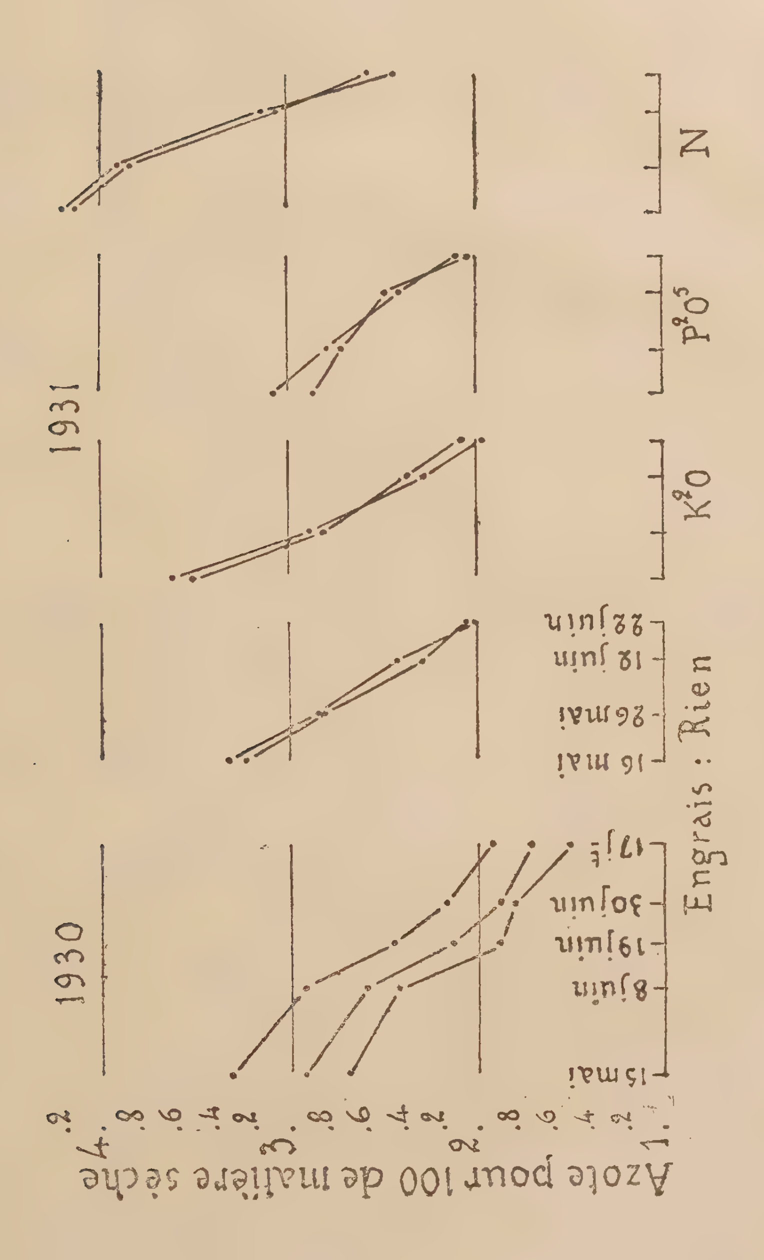
Première expérience. — Sur un unique pied de vigne on a choisi en 1930 un unique rameau fructifère bien conformé. On a marqué les feuilles occupant à partir de la base du rameau les rangs 1, 3 et 5. Sur ces trois feuilles, on a fait simultanément, du 15 mai au 17 juillet, cinq prélèvements à l'emporte-pièce d'une portion du limbe, soit 120^{mg} à 200^{mg} de matière fraîche donnant 17^{mg} à 60^{mg} de matière sèche, sur laquelle on a déterminé l'azote par la méthode de semi-microdosage avec l'appareil de Parnas et Wagner (1) construit avec de légères modifications en verre pyrex.

Dates des prélèvements	Azote pour 100 de matière sèche		
	Rang 1	Rang 2	Rang 5
15 mai	2,70	2,92	3,32
8 juin	2,43	2,61	2,93
19 —	1,89	2,13	2,45
30 —	1,80	1,88	2,17
17 juillet	1,51	1,72	1,93

On voit que, conformément aux résultats déjà établis par la méthode du diagnostic foliaire : 1° la teneur de l'azote de la feuille décroît avec l'âge ; 2° toute feuille apparue sur un même rameau plus tard qu'une autre est, au même moment, plus riche en azote que cette autre. Pris à des places échelonnées sur un même rameau où à des époques successives du développement, tous ces échantillons ont fourni des teneurs en azote systématiquement différentes.

Deuxième expérience. — En 1931, on a fait choix de huit souches sensiblement comparables, réparties en quatre couples de deux individus semblablement traités. Sur chaque souche on a choisi ensuite, à partir du 15 mai, un rameau fructifère normal et à la base du rameau une feuille bien constituée. C'est sur cette unique feuille de la base qu'on a prélevé à l'emporte-pièce des échantillons sur le pourtour du limbe et effectué les dosages de l'azote avec l'appareil Parnas et Wagner.

(1) *Biochemisme Zeitschrift*, **125**, 1921, p. 253-256.


1930
1931
Azote pour 100 de matière sèche
15 mai
8 juin
19 juin
30 juin
16 mai
26 mai
12 juin
22 juin
Engrais : Rien
K²O
P²O⁵
N

Engrais par souche	Numéros des souches	Azote pour 100 de matière sèche			
		16 mai	26 mai	12 juin	22 juin
Aucun engrais	1	3,33	2,86	2,42	2,00
	2	3,24	2,82	2,31	2,05
500 gr. de K^2O du chlorure	3	3,63	2,60	2,28	1,96
	4	3,52	2,83	2,36	2,07
500 gr. de P^2O^5 du superphosphate	5	3,07	2,80	2,41	2,09
	6	2,88	2,73	2,49	2,04
500 gr. de N du sulfate d'ammoniaque	7	4,19	3,91	3,13	2,43
	8	4,14	3,85	3,07	2,57

Ce tableau et la figure montrent clairement que :

1° L'évolution de la teneur en azote de deux feuilles de base, provenant respectivement de deux pieds de vigne sensiblement pareils quant à l'aspect et recevant un même engrais, est identique ; ce qui justifie l'échantillonnage habituel ;

2° La forte fumure phosphatée a empêché la feuille de s'enrichir en azote au début de la végétation ; la forte fumure potassique n'a pas freiné l'absorption de l'azote ; la forte fumure azotée a très nettement enrichi la feuille en azote : faits déjà reconnus par l'analyse d'échantillons provenant d'un grand nombre de feuilles de même rang.

Ces expériences apportent une contribution, restreinte mais précise, à l'établissement de la proposition suivante : deux individus d'une même variété végétale étant donnés, si, à la même époque de leur développement dans un milieu physique, l'on considère deux points morphologiquement homologues, ces deux points sont le siège des mêmes processus physiologiques quand les milieux nutritifs des deux individus sont identiques ; de processus physiologiques différents quand les milieux nutritifs sont différents.

Cette proposition définit la plasticité physiologique et chimique de l'individu végétal. La plasticité morphologique, exploitée par l'agriculture intensive et par l'horticulture, n'en est que le corollaire.

Henri Lagatu, Louis Maume, Mlle Lucienne Cros.

*
* *

Application du diagnostic foliaire : il suggère, contrôle et limite le redressement alimentaire d'une vigne mal nourrie. (*C. R.*, t. 194, p. 812, 7 mars 1932.)

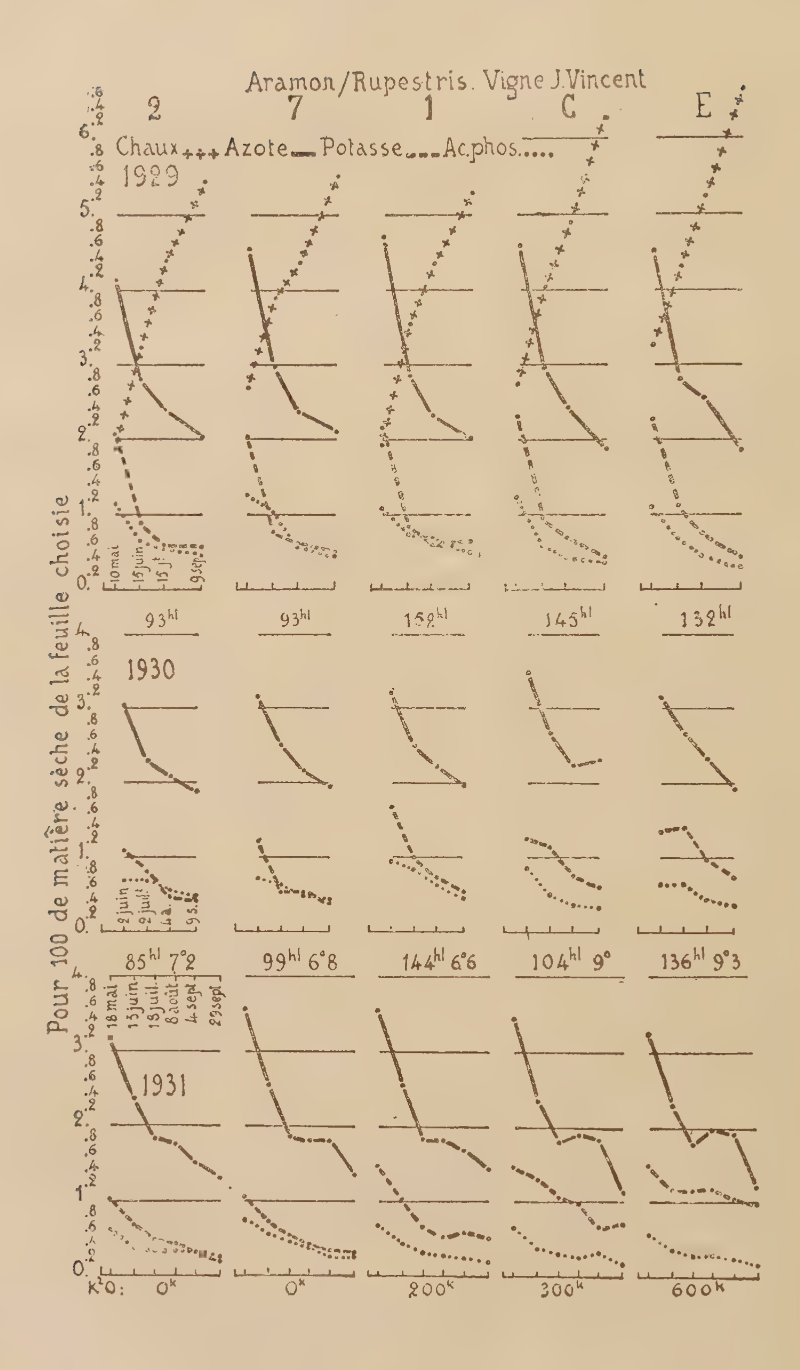
Nos recherches, poursuivies depuis 1923, sur le chimisme de la feuille de la vigne Aramon greffée sur *Rupestris* nous mettent en mesure de dire qu'une des caractéristiques de la bonne alimentation de ce cépage, pour sa très forte production en raisins, consiste, chez la feuille prise à la base des rameaux fructifères, en une teneur en potasse égale ou supérieure, dans chaque échantillon, à la moyenne des teneurs simultanées en azote et en acide phosphorique.

Cela posé, nous pouvons interpréter techniquement, les diagnostics foliaires que nous avons relevés en 1929, 1930, 1931, dans la plaine d'alluvions argilo-calcaires de Mauguio, près Montpellier, sur une vigne d'expériences d'Aramon sur *Rupestris*.

Aux cinq parcelles de 400 souches dont il s'agit ici, nous avons conservé les désignations 2, 7, 1, C, E, de la vigne d'expériences, qui comprend dix-sept parcelles et qui fera dans un autre Recueil l'objet d'un mémoire détaillé. Nous avons pu doser la chaux en 1929, année de traitement au verdet contre le mildiou ; le traitement à la bouillie bordelaise a empêché ce dosage en 1930 et 1931. Nous avons inscrit sur le graphique, pour 1930 et 1931, les rendements par hectare en hectolitres de vin calculés d'après le poids des raisins de quarante souches. Nous avons aussi inscrit pour 1931 le degré alcoolique d'après le mustimètre.

Parcelle 2. — Aucun engrais. En 1929, la teneur en potasse de la feuille, déjà faible au 10 mai, devient gravement insuffisante le 15 juin ; la carence manifeste de la potasse subsiste jusqu'en septembre. En 1930, cette carence s'accentue au point que la potasse devient inférieure à l'acide phosphorique. En 1931 mêmes constatations.

Parcelle. 7. — Aucun engrais potassique ; mais chaque année par hectare 100^{kg} d'azote du nitrate de soude du Chili et 100^{kg}



Aramon/Rupestris. Vigne J. Vincent
2
7
1
C
E
Chaux +++ Azote — Potasse --- Ac.phos. .....
1929
1930
1931
Pour 100 de matière sèche de la feuille choisie
10 mai
15 juin
15 j.t
9 sept.
93hl
93hl
152hl
145hl
132hl
2 juin
2 juil.
4 a.
9 s.
85hl 7°2
99hl 6°8
144hl 6°6
104hl 9°
136hl 9°3
18 mai
15 juin
18 juil.
8 août
4 sept.
29 sept.
K2O: 0k
0k
200k
300k
600k

d'acide phosphorique et de basiphosphate. Le diagnostic foliaire présente exactement les mêmes phénomènes de carence de potasse.

Les symptômes pathologiques accompagnant la déficience de potasse dans la feuille ont été, pendant les trois années, exactement les mêmes dans ces deux parcelles : 1° brunissure des feuilles (symptôme depuis longtemps rattaché au manque de potasse par Louis Ravaz et Léon Sicard) allant en croissant de la première à la troisième année ; 2° rabougrissement des rameaux ; 3° en 1931, à partir de juillet, jaunissement croissant des feuilles, en sorte que ces deux parcelles se détachaient de loin au regard ; 4° développement restreint et maturation très incomplète des raisins. La vitalité de la souche est compromise.

Parcelle 1. — Fumure : mêmes formes et quantités d'azote et d'acide phosphorique que dans la parcelle 7 ; avec, en surplus en 1929, potasse 120^{kg} à l'hectare ; en 1930 et 1931, potasse 200^{kg}, toujours en chlorure de potassium. L'effet de la fumure potassique sur le diagnostic foliaire a été nul en 1929, sensible mais faible en 1930, plus marqué en 1931.

Assez nombreuses feuilles avec brunissure modérée ; pas de jaunissement en 1931.

Parcelle C. — Fumure : en 1929 et 1930, apport par le propriétaire d'une fumure modérée de guano à 2 pour 100 de potasse ; en 1931, tourteau. Nous avons épandu en surplus chaque année 300^{kg} à l'hectare de potasse du chlorure de potassium. L'effet de cette forte fumure potassique s'est fait sentir sur le diagnostic foliaire dès 1929, plus encore en 1930 ; il a été très marqué, quoique encore insuffisant, en 1931.

Rares feuilles avec brunissure peu grave ; pas de jaunissement en 1931 ; développement moyen des rameaux et des raisins.

Parcelle E. — Fumure : la même que dans la parcelle *C* pour l'azote et l'acide phosphorique. Nous avons épandu en surplus 600^{kg} à l'hectare de potasse du chlorure. L'effet de cette très forte fumure potassique s'est fait nettement sentir sur le diagnostic foliaire dès 1929, sans cependant approcher de l'équilibre

optimum ; cet optimum a été approché en 1930 et à peu près atteint en 1931.

Aucun symptôme pathologique. Feuilles grandes, d'un vert foncé sans aucune trace de brunissure ni de jaunissement ; rameaux longs et forts ; raisins gros, sains, bien mûrs à la vendange.

Conclusions. — 1° La terre, épuisée en potasse, n'a retrouvé une valeur alimentaire suffisante qu'après trois apports annuels de 600kg de potasse K^2O par hectare. Les apports inférieurs n'ont pu, dans le même laps de temps, saturer la capacité d'inhibition du sol.

2° A lui seul, le diagnostic foliaire a suffi pour permettre de pronostiquer le prochain dépérissement de la vigne par carence excessive de potasse ; de suivre et de mesurer toutes les phases du redressement alimentaire ; de reconnaître enfin que l'équilibre normal a été atteint en 1931 dans une seule parcelle ; le tout en parfaite concordance avec les symptômes pathologiques et leur atténuation progressive.

*
* *

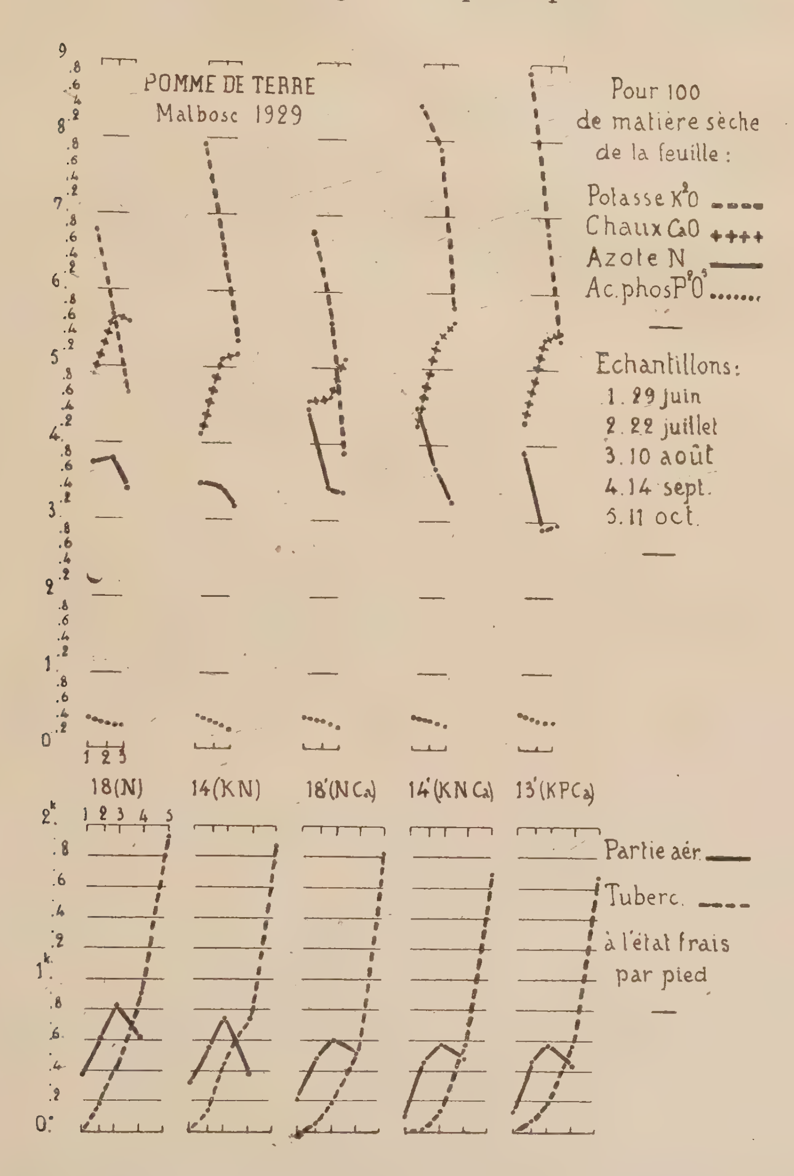
La feuille peut-elle accepter une surcharge d'aliment minéral sans profit pour le développement du végétal ?

(*C. R.*, t. 194, p. 933, 14 mars 1932.)

La terre de Malbosc, au nord de Saint-Pons (Hérault) dans les Cévennes, terre de schiste séríciteux granulitisé, profonde, légère, humifère, acide (pH = 5,5) est, ainsi que le climat, naturellement propice au développement de la pomme de terre, puisque dans un champ d'expériences de 36 parcelles, la moins bonne parcelle, un témoin sans engrais, a donné en 1929 avec la variété Royal Kidney, un rendement en tubercules frais de 1kg,450 par plant ; la plantation correspondant à 30.000 plants à l'hectare, le rendement par hectare y a donc été de 43.500kg.

Une des meilleures parcelles, ayant reçu exclusivement par hectare 134kg d'azote du sulfate d'ammoniaque, a atteint le rendement de 1kg,930 par plant, soit 57.900kg par hectare. On voit

sur notre graphique, pour cette parcelle n° 18 (N), aux époques successives d'échantillonnages, d'une part le poids à l'état frais de



la partie aérienne et des tubercules, et d'autre part le diagnostic foliaire, c'est-à-dire les teneurs en potasse, chaux, azote et acide phosphorique pour 100 de la matière sèche de l'ensemble

des deux feuilles inférieures des rameaux directement issus du tubercule-mère.

La production très élevée de cette parcelle n° 18 (N) nous autorise à dire que son diagnostic correspond à une alimentation suffisante.

La parcelle n° 14 (KN), qui a reçu à la fois 134kg d'azote ammoniacal et 200kg de potasse du chlorure, nous montre, en comparaison avec la parcelle n° 18 (N), que la teneur de la feuille en potasse a, par contrainte de l'engrais potassique, été accrue suivant l'âge de 1g25, 0g83, 0g70 pour 100g de matière sèche. Mais le développement n'en a tiré aucun profit ; il est même légèrement inférieur ; et le rendement descend de 1kg,930 à 1kg,875.

Dans la partie du même terrain qui a été chaulée à raison de 2.000kg de chaux à l'hectare, les graphiques montrent un rapport analogue entre la parcelle n° 18' (N Ca) et la parcelle n° 14' (K N Ca).

Dans la parcelle n° 13' (KPCa), ayant en terre chaulée reçu à la fois 200kg de potasse et 67kg d'acide phosphorique du superphosphate, mais pas d'azote, la feuille présente, au début de la végétation, une teneur de 8,89 dépassant davantage encore la teneur 6,77 de la feuille de la parcelle n° 18 (N). Or la parcelle n° 13' (KP Ca) a donné un rendement encore moins élevé, 1kg,675.

Il est donc établi que la feuille de la pomme de terre peut accepter une surcharge très notable de potasse sans profit pour le développement de la plante.

A vrai dire, cette surcharge n'est pas seulement inutile : elle fait fléchir le développement et le rendement. Mais, s'ajoutant à l'excellent équilibre alimentaire observé dans la parcelle n° 18 (N), elle n'empêche pas que le développement de la plante soit encore satisfaisant ; cette surcharge potassique n'est pas exigée, mais elle est tolérée par la plante sans grand dommage. Nous exprimerons ce fait important en disant que le végétal possède un *pouvoir-tampon* à l'égard de certains excès d'aliments minéraux. Nous venons de mesurer une amplitude considérable de ce pouvoir-tampon chez la pomme de terre : sans cesser d'être produc-

tive, elle a accepté dans sa jeune feuille une surcharge en potasse de 8g,89 – 6g,77 = 2g,12 pour 100g de matière sèche.

Ainsi s'explique le succès habituel des fortes fumures complètes en dépit de leur composition hasardeuse, parce qu'au risque-carence des fumures incomplètes ou faibles elles substituent le risque-excès, que couvre le pouvoir-tampon du végétal.

En ce qui concerne le diagnostic foliaire, les expériences que nous venons de relater indiquent un point essentiel, à savoir que la teneur d'une feuille n'est pas nécessairement meilleure qu'une autre par le seul fait qu'elle lui est supérieure. La feuille peut s'écarter de l'optimum alimentaire aussi bien par excès que par défaut ; toute la substance minérale entrée dans un organe végétal ne correspond pas nécessairement, telle quelle, à un besoin physiologique de cet organe.

Un mémoire détaillé, contenant une plus ample documentation, sera prochainement publié dans un autre Recueil.

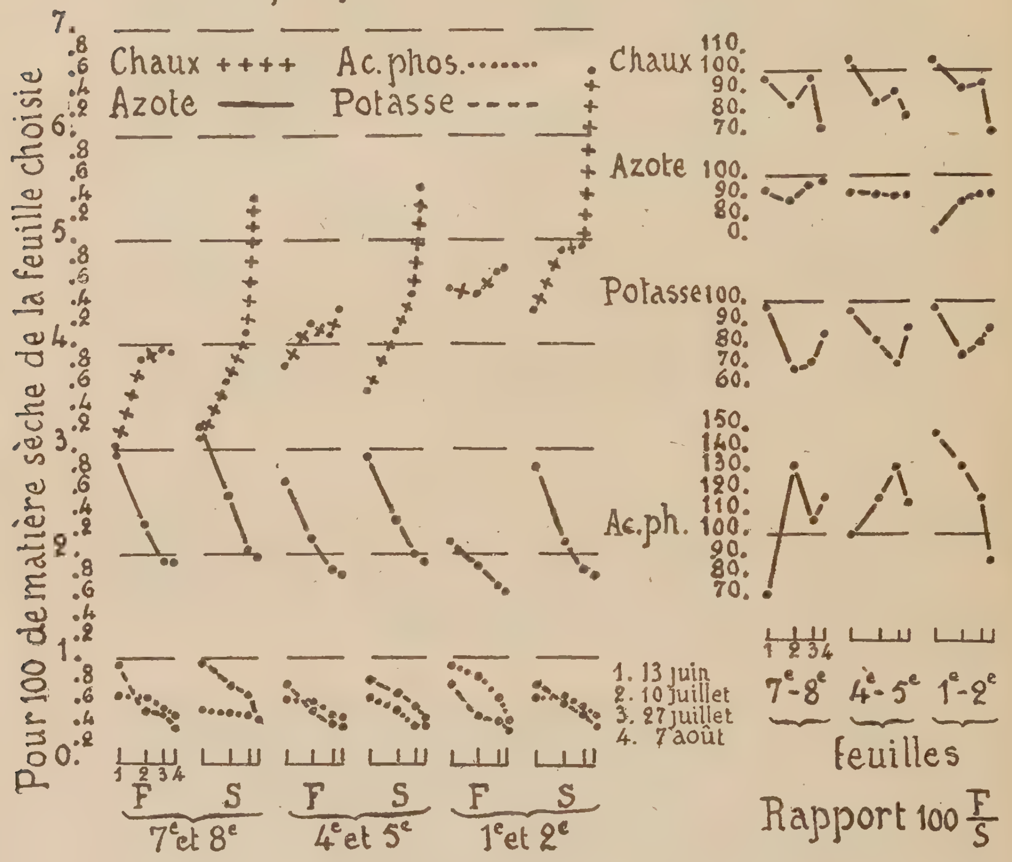
*
* *

Composition comparée, chez la vigne, de feuilles homologues prises respectivement sur des souches fructifères et sur des souches privées de leurs grappes. (*C. R.*, t. 196, p. 1168, 18 avril 1933.)

Une de nos expériences a consisté à établir en 1929, dans la terre argilo-silico-calcaire de la Station de Montpellier, sur une vigne de Grand Noir greffée sur *Rupestris*, deux petites parcelles dont l'une seulement a subi, le 13 juin, l'ablation de toutes les grappes.

Des échantillons de feuilles ont été pris les 13 juin, 10 juillet, 27 juillet, 7 août, simultanément sur les rameaux fructifères F des souches non mutilées et sur les rameaux stériles S des souches mutilées. Sur chacun des rameaux on a prélevé, à chaque échantillonnage, trois couples de feuilles occupant à partir de la base les rangs 1 et 2 (formant un premier échantillon), 4 et 5 (deuxième échantillon), 7 et 8 (troisième échantillon). Dans les 24 échantillons ainsi prélevés nous avons

déterminé la teneur centésimale de la matière sèche en chaux, azote, potasse et acide phosphorique.



La traduction graphique des diagnostics foliaires annuels ainsi relevés conduit aux conclusions suivantes :

1° En ce qui concerne la méthode du diagnostic foliaire :

a. Les trois étages de feuilles donnent pour chaque type de rameau les mêmes indications, compte tenu des âges relatifs des feuilles. Nous avons déjà signalé ce fait fondamental (*Comptes rendus*, 190, 1930, p. 1187 ; 194, 1932, p. 679).

b) Grâce à une statistique réunie depuis cette expérience (*Comptes rendus*, 194, 1932, p. 812), nous sommes en mesure de dire que ces diagnostics foliaires signalent un équilibre anormal en ce qui concerne la potasse, qui est en carence dans la matière sèche et en carence relative par rapport à l'azote et à l'acide phosphorique : le diagramme de la potasse devrait occuper une situation moyenne entre les diagrammes de ces deux constituants tandis qu'il descend au voisinage et parfois même au-dessous du diagramme de l'acide phosphorique. La méthode du diagnostic foliaire permet, en effet, de discriminer et de définir les cas d'alimentation normale ou anormale de la vigne pour un certain genre de produit ; mais encore faut-il qu'une statistique fonde ce jugement. La carence de potasse est par ailleurs ici confirmée par la « brunissure » de la vigne et par le complet retour à la santé et à la bonne production de souches voisines avec l'intervention exclusive de fortes doses d'engrais potassiques (Ravaz et Verge, Lagatu et Maume, *Annales de l'Ecole d'Agriculture de Montpellier*, nouvelle série, fasc. IV, 17, 1923, p. 280-306, 2 pl.).

2° En ce qui concerne le problème des compositions comparées :

a. Variation quantitative. — *La teneur globale* $N + K^2O + P^2O^5$ *pour cent de matière sèche est, à toute époque, plus faible dans la feuille du rameau fructifère que dans la feuille homologue du rameau stérile.*

b. Variation qualitative, c'est-à-dire changeant les rapports physiologiques :

Soit F la teneur en un constituant (l'azote par exemple) de la feuille d'un rameau fructifère ; soit S la teneur au même moment, en ce même constituant, de la feuille homologue sur rameau stérile. Pour faire parler à tous les constituants le même langage, il faut prendre pour mesure de la variation, non point la différence absolue F — S, mais la différence relative F — S/S ; ou mieux prendre F/S ou encore 100 F/S, ces trois dernières expressions donnant le même diagramme simplement décalé. Sur la partie droite de notre dessin on lit 100 F/S, c'est-à-dire le taux du constituant considéré dans la feuille du rameau fructifère par

rapport au taux, coté 100, du même constituant, au même moment, dans la feuille homologue du rameau stérile.

On voit que *les feuilles des rameaux fructifères sont plus pauvres en chaux, en azote et en potasse, mais plus riches en acide phosphorique que les feuilles homologues des rameaux stériles.*

Ces conclusions, pour la chaux, l'azote et l'acide phosphorique, se réfèrent à un chimisme normal des deux rameaux comparés ; mais pour la potasse, à un chimisme anormal qui, malgré les indications concordantes des trois étages de feuilles, n'autorise pas à garantir que le fait se retrouvera dans le cas où ce constituant serait à dose normale. Il n'en est pas moins constaté que sur leurs souches respectives, *dans ce cas de carence sévère de la potasse, cet aliment minéral se trouve en quantité encore plus faible dans les feuilles des rameaux fructifères que dans celles des rameaux stériles ;* elle y descend plus particulièrement au-dessous de l'acide phosphorique.

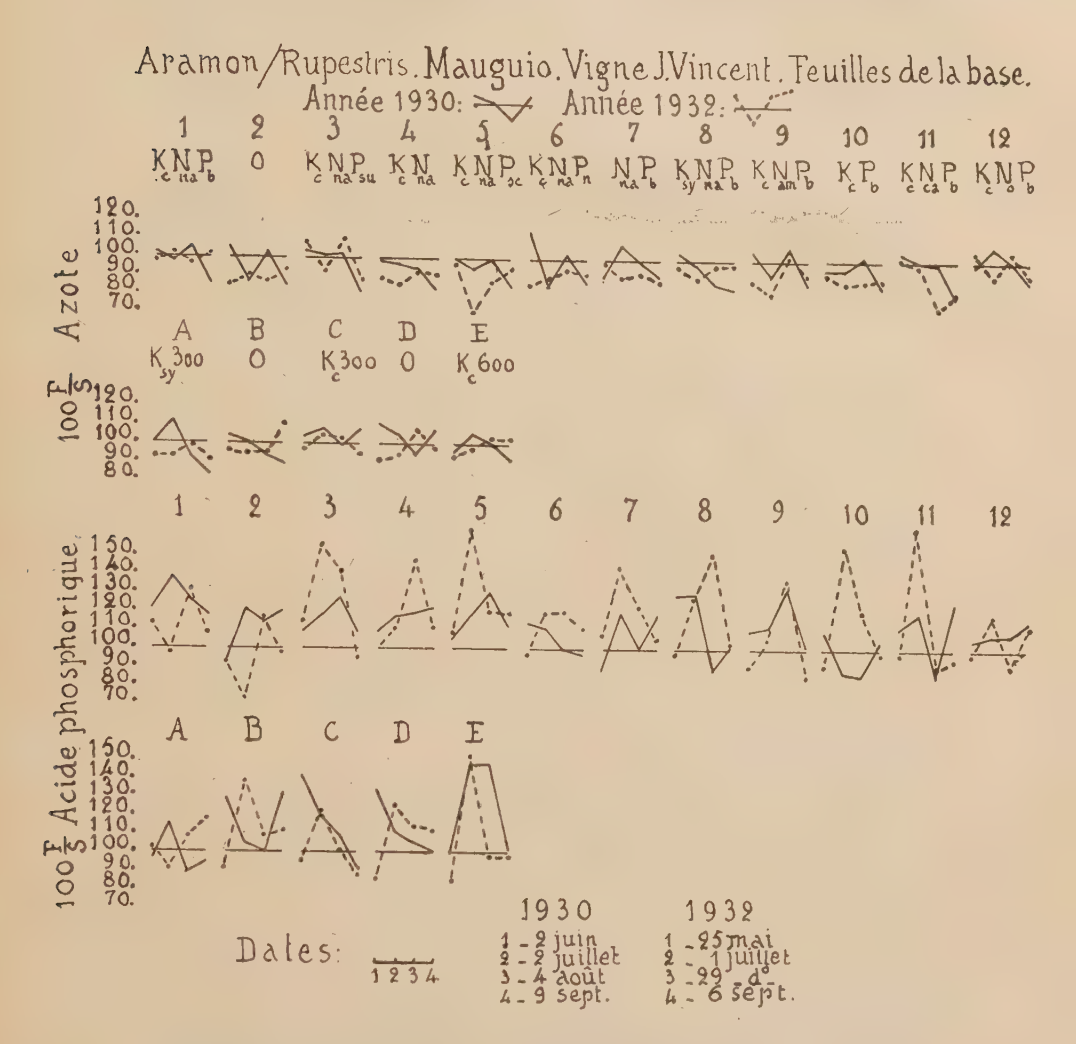
Cette expérience, faite sur des *souches séparées*, les unes fructifères, les autres privées de leurs grappes, en appelle une autre comportant l'examen de ces deux mêmes sortes de rameaux pris sur les *mêmes souches.*

*
* *

Composition comparée de la matière sèche des feuilles homologues des rameaux fructifères et des rameaux naturellement stériles de la vigne. (*C. R.*, t. 196, p. 1445, 15 mai 1933.)

En 1930 et 1931, dans une vigne d'Aramon greffée sur Rupestris située à Mauguio près Montpellier, nous avons, sur les rameaux fructifères et séparément sur les rameaux naturellement stériles *des mêmes souches*, prélevé simultanément à diverses époques de la végétation les deux premières feuilles de la base, afin de comparer les teneurs en azote et en acide phosphorique de la matière sèche de ces couples de feuilles homologues.

Nos prélèvements comparatifs ont porté, séparément et simultanément, sur dix-sept parcelles dont chacune reçoit annuellement depuis 1929 la même fumure. Les fumures des diverses



parcelles diffèrent par la nature des engrais ; mais chacun des principes fertilsants K, N, P, quand il figure dans la fumure, intervient toujours avec la même quantité : K indique 300^{kg} de K^2O à l'hectare (K_c du chlorure, K_{sy} de la sylvinite à 20 pour 100) ; N indique 100^{kg} d'azote à l'hectare (N_{na} du nitrate de soude du Chili, N_{ca} du nitrate de chaux, N_{am} du sulfate d'ammo-

niaque, N_o du sang desséché) ; P indique 100kg de P^2O^5 à l'hectare (P_b du basiphosphate, P_{su} du superphosphate, P_{sc} des scories de déphosphsration, P_n du phosphate naturel finement moulu). La seule parcelle E a reçu annuellement 600kg de K^2O à l'hectare.

Le rapport 100 F/S, que donne notre graphique, indique la teneur de la matière sèche de la feuille du rameau fructifére quand on cote 100 la teneur de la matière sèche de la feuille homologue du rameau stérile au même moment.

Cette recherche à caractère statistique, prenant les rameaux tout venant de chacune des deux catégories, est un coup de sonde jeté dans une vigne qui à part les fumures est dans toutes les conditions de la pratique culturale. Pour le cas actuel, nous avons trouvé en ce qui concerne l'azote et l'acide phosphorique des résultats très voisins de ceux que nous avions obtenus en 1929 dans l'enclos de la Station de Montpellier en prenant sur souches séparées des rameaux fructifères et des rameaux artificiellement stériles (*Comptes rendus*, 196, 1933, p. 1168).

En dépit des fluctuations statistiques on peut dire encore : *la matière sèche des feuilles prises sur rameaux fructifères est moins riche en azote et plus riche en acide phosphorique que celle des feuilles homologues prises au même moment sur rameaux naturellement stériles des mêmes souches* (¹).

La discussion de ces diagrammes et leur nécessaire confrontation avec les diagnostics foliaires ne peuvent trouver place que dans un Mémoire détaillé.

Nous n'avons pas dosé la chaux parce qu'elle avait été apportée sur les feuilles par les traitements anticrytogamiques.

Nous avons dosé la potasse corrélativement à l'acide phosphorique. Mais la vigne d'expériences de Mauguio est, exactement comme celle de la Station de Montpellier, à carence sévère de potasse, constatée également par la « brunissure », par le jaunissement et par guérison complète avec l'intervention exclusive de fortes doses d'engrais potassiques (*Comptes rendus*, 194, 1932,

---

(¹) Dans tous les travaux que nous avons publiés sur le diagnostic foliaire de la vigne nous avons chaque fois pris soin de spécifiier que les feuilles avaient été échantillonnées sur des rameaux fructifères. On voit que cette précaution dans l'échantillonnage était justifiée.

p. 812). Or les doses anormalement faibles de potasse dans les feuilles ont, pour des différences insignifiantes, produit des variations statistiques considérables et désordonnées du rapport 100 F/S en ce qui concerne cet aliment : c'est pourquoi nous ne les avons pas figurées.

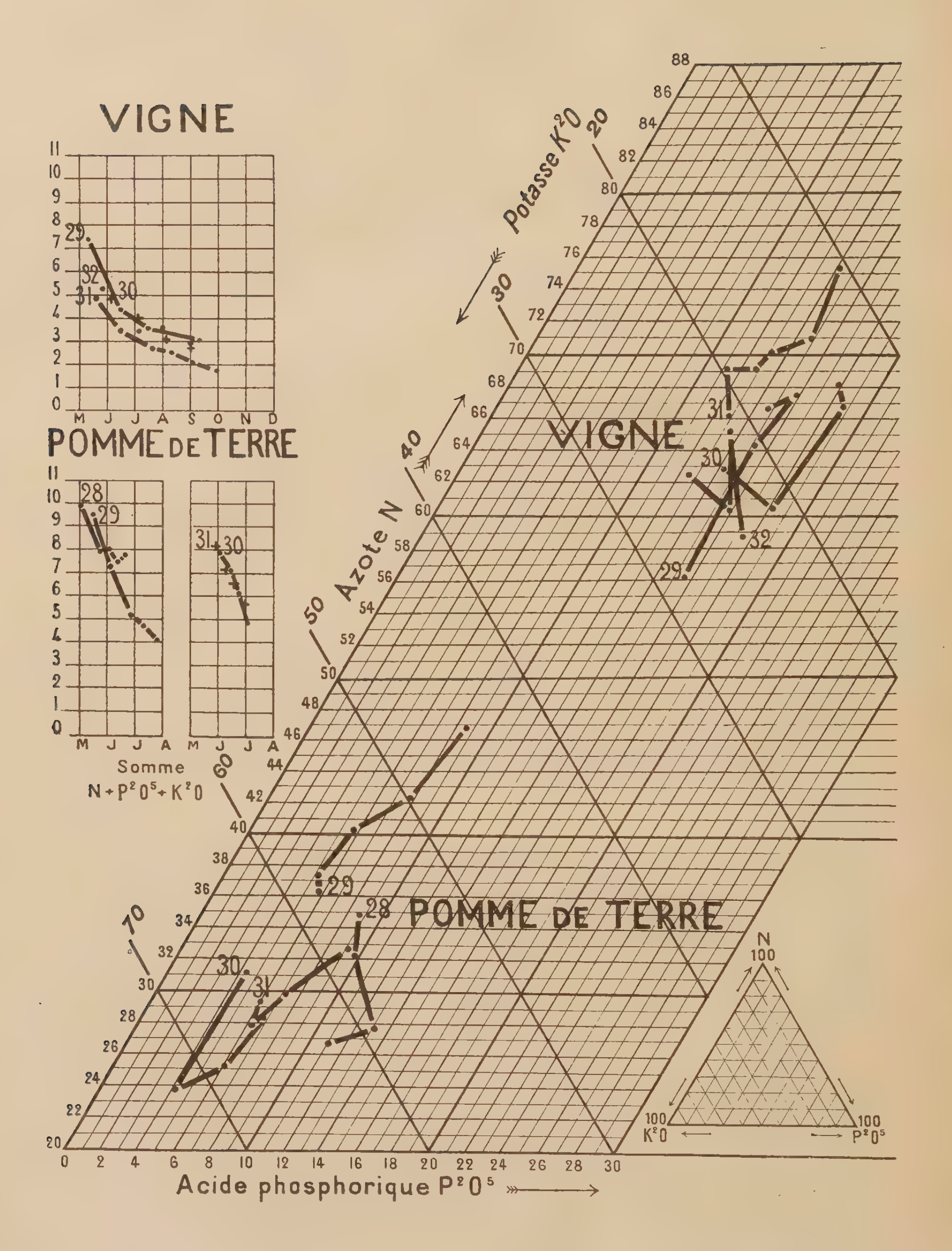
En définitive, nos observations montrent que la méthode du diagnostic foliaire ponrra vraisemblablement contribuer par biométrie chimique au contrôle d'une notion courante en pratique viticole d'après laquelle, tout en étant simultanément utiles, les engrais azotés « poussent au bois », tandis que les engrais phosphatés «poussent au fruit».

Plus généralement, le diagnostic foliaire pourra permettre de suivre le phénomène de sélection physiologique, de canalisation des divers aliments minéraux selon le rôle qui, dans le complexe minéral, est en chaque rameau dévolu à chacun d'eux ; et, ce qui importe surtout au point de vue technique, de suivre l'influence éventuelle de divers facteurs sur ce phénomène.

*
* *

Sur les variations alimentaires des végétaux cultivés, en dehors de toute intervention d'engrais, dans les conditions de la pratique agricole. (*C. R.*, t. 197, p. 1558, 18 décembre 1933.)

Dans une *Vigne* d'Aramon sur *Rupestris* située à Mauguio (Hérault), nous avons, pendant quatre années consécutives, 1929-1932, échantillonné à des époques successives dans les parcelles sans engrais les deux premières feuilles situées à la base des rameaux fructifères et nous y avons dosé N, P^2O^5, K^2O pour 100 de matière sèche. Nous avons fait les mêmes observations en 1928-1931, dans les parcelles sans engrais d'un champ d'expériences de *Pomme de terre* situé à l'Ecole d'agriculture de Montpellier, sur les deux premières feuilles des rameaux directement issus des tubercules mères. Ces parcelles témoins ont été doublées en 1929 pour la Vigne, doublées pendant les quatre années d'expériences pour la Pomme de terre. Les doubles résultats


VIGNE
POMME DE TERRE
Somme
N + P²O⁵ + K²O
Potasse K²O
Azote N
Acide phosphorique P²O⁵
VIGNE
POMME DE TERRE
N
100
100
K²O
100
P²O⁵

étant pratiquement pareils, nous pouvons n'envisager ici qu'une seule série.

Une traduction graphique de ces résultats nous permet de séparer nettement la notion de quantité et la notion de qualité de cette alimentation minérale. La *quantité globale des trois principes dosés* est indiquée à gauche de la figure par des diagrammes qui donnent en ordonnée pour chaque époque d'échantillonnage (abscisse temps) la somme $N + P^2O^5 + K^2O$ pour 100 de matière sèche de la feuille, pétiole compris. Soit S cette somme ; en multipliant les trois teneurs par 100/S, on a le partage de la masse constante 100 des trois principes présents dans la feuille proportionnellement à leurs trois quantités respectives. C'est par les trois nombres ainsi obtenus qu'est représentée la *qualité* de l'alimentation minérale des feuilles au moment de l'échantillonnage ; ces trois nombres définissent, en effet, indépendamment de la quantité, les *rapports physiologiques*, c'est-à-dire l'*équilibre physiologique* entre l'azote, l'acide phosphorique et la potasse dans la feuille à ce moment. Cette répartition proportionnelle de la masse constante 100 est pour chaque échantillon représentée en coordonnées trilinéaires par un point marqué sur l'aire du triangle équilatéral de référence dessiné à droite du graphique. Une partie seulement de l'aire de ce triangle étant occupée par les points expérimentaux, cette partie a été figurée à plus grande échelle. Les points relatifs à une même année de culture ont été reliés par un trait qui porte pour le premier échantillonnage les deux derniers chiffres du millésime de l'année.

Ces diagrammes conduisent aux conclusions suivantes :

1° La *quantité* de l'alimentation, somme $N + P^2O^5 + K^2O$ pour 100 de matière sèche, par suite de la création progressive de la matière sèche organique de la feuille avec l'âge, diminue en général régulièrement à mesure que l'âge de la feuille augmente. Toutefois, comme on le voit sur le diagramme de la Pomme de terre en 1928, des facteurs extérieurs peuvent apporter un trouble dans la marche régulière de ce phénomène vital. D'autre part, on voit que cette quantité peut varier suivant les années.

2° La *qualité* ou *mode d'équilibre* de l'alimentation en azote, acide phosphorique et potasse (diagrammes en coordonnées trilinéaires) donne lieu à une première impression d'influence spécifique : alors que les climats et les sols des deux cultures sont analogues, les modes d'équilibre alimentaires situent leurs variations dans deux domaines distincts, l'un pour la Vigne où l'azote est dominant, l'autre pour la Pomme de terre où la potasse est dominante. Mais il faut bien se garder de vouloir hâtivement en déduire : soit que ces domaines spécifiques restent toujours ainsi limités, car ils peuvent être singulièrement étendus ; soit qu'ils restent toujours aussi séparés, car dans d'autres circonstances, ils peuvent partiellement se recouvrir ; soit que ces domaines correspondent au meilleur mode d'alimentation, car de meilleurs rendements s'obtiennent pour les deux espèces quand on sort des domaines de variations ici constatés.

3° Par contre, dans les diagrammes exprimant les variations des rapports physiologiques avec l'âge de la feuille, on ne reconnaît aucune injonction dictée par la plante. L'ancienne loi du minimum exigerait un seul point représentatif pour la Vigne et un seul point représentatif pour la Pomme de terre. Non seulement il n'en est rien, mais chaque année le mode de variation qualitative de l'alimentation change d'allure, pouvant prendre dans deux années consécutives des directions opposées. *Ces diagrammes expriment donc les contraintes alimentaires qualitatives exercées sur la plante par les facteurs extérieurs, en particulier par les conditions météorologiques.* Ainsi, parmi les nombreux météores qui interviennent sur un champ cultivé, il en est un qui est la résultante de tous les autres et qui passe à l'intérieur de la plante : c'est le mode d'alimentation minérale. Il y a donc une *météorologie chimique de la plante,* susceptible de contrôler toute interprétation agronomique des observations climatiques.

ZONE DE STABILITÉ (1)

EN FONCTION DU *PH* DES DIVERS COMPOSÉS CUPRIQUES D'UNE BOUILLIE BOURGUIGNONNE

PAR

M. L. MAUME et A. BOUAT

La bouillie dite bourguignonne résulte de l'action d'une solution de carbonate de soude sur une solution de sulfate de cuivre. Sa composition chimique est variable suivant les quantités mises en présence. Il est admis qu'au début de la réaction se forment des sulfates basiques ; mais à mesure que la proportion du sulfate de cuivre diminue, apparaît de l'hydrocarbonate dont la quantité va en croissant. La précipitation des divers composés cupriques est donc fonction de la réaction du milieu. Partant de là, il nous a paru intéressant de situer sur l'échelle des pH la place des divers précités qu'il est possible d'obtenir en faisant varier la proportion de l'un des constituants. Voici comment nous avons opéré :

Les deux liqueurs de bases étant établies aux concentrations suivantes : A, 10^{g} de $SO^4Cu\ 5\ H^2O$ pur dans 500^{cm^3} d'eau distillée ; B. $3^{g},2$ de CO^3Na^2 pur dans 500^{cm^3} d'eau distillée ; nos essais ont porté sur 20^{cm^3} de liqueur A (correspondant à 100^{mg} de cuivre) dans laquelle nous avons versé les quantités croissantes de B qui figurent au tableau ci-après. A chaque étape correspondant aux différentes doses de CO^3Na^2 nous avons déterminé parallèlement :

1° Le pH du milieu par la méthode électrométrique ;

(1) C.R. t. 196, p. 2024.

2° Le cuivre précité : *a*, par microélectrolyse ; *b*, par méthode volumétrique à l'iodure de potassium ;

3° Le CO^2 à l'aide d'un micro Bernard.

Nos résultats analytiques sont consignés dans le tableau suivant :

Si l'on construit la courbe des pH en fonction des centimètres cubes de CO^3Na^2 versés pour une même quantité de SO^4Cu (20^{cm^3} $SO^4Cu, 5H^2O$) on s'aperçoit que sa montée n'est pas régulière et présente des changements de coefficient angulaire correspondant à des changements de précipités. Ces irrégularités se retrouvent dans les courbes qui donnent en fonction des pH les quantités de cuivre total, de cuivre correspondant à l'hydrocarbonate $CO^3Cu, CuO, 2H^2O$, de cuivre (obtenu par différence) correspondant aux divers sulfates. Au départ, jusqu'à un pH de 5,05 environ, ne précipitent que des sulfates basiques ; puis commence la zone de précipitation de l'hydrocarbonate mélangé à des sulfates assez bien définis par le rapport $Cu_{(SO^4)}/SO^4$ jusqu'au pH 5,64. A ce moment, on arrive aux proportions indiquées par divers auteurs pour l'obtention du composé SO^4Cu, 3 CuO ; celui-ci paraît en effet dominer comme sulfate mélangé au CO^3Cu. Cu O jusqu'au pH 6,00. A partir de ce point, les proportions de SO^4Cu et de CO^3Na^2 doivent amener la précipitation totale du cuivre ($4^g,25$ de CO^3Na^2 pour 10^g $SO^4Cu, 5H^2O$ dans 1000^{cm^3}). On s'aperçoit alors que la quantité de cuivre précipité se stabilise à 94^{mg}, pendant un assez long intervalle de pH. Ce retard est dû à la formation de bicarbonate de cuivre qui ne précipitera qu'avec un gros excès de CO^3Na^2. En effet, avec 40^{cm^3} de CO^3 Na^2 pour 20^{cm^3} SO^4Cu (pH 9,34) on arrive à précipiter sensiblement tout le cuivre, non plus sous forme de sulfate basique et d'hydrocarbonate, mais sous forme d'hydrate $Cu(OH)^2$ et d'hydrocarbonate dans les proportions de 28 à 30^{mg} pour CO^3Cu. Cu O et 70 à 72^{mg} pour $Cu(HO)^2$.

Il est évident, dès lors, que, si nous versons le SO^4Cu dans CO^3Na^2 à l'inverse de ce que nous avons fait jusqu'ici, le CO^2 se trouvant en milieu alcalin restera dissous ; de cette façon, il y aura davantage de bicarbonate de cuivre formé et moins de

Cm³ de CO^3Na^2	pH	Cu total précipité (mg).	Cu du CO^2 (mg).	Cu du SO^4 (mg).	CO^2 précipité (mg).	SO^4 précipité (mg).	$\frac{Cu\ (SO^4)}{SO^4}$	Sulfates dominants
1..........	4,70	6,2	0	6,2	0	3,1	2	$SO^4Cu.2\ Cu\ O$
2..........	4,87	8,3	0	8,3	0	3,2	2,6	$SO^4Cu\ 3\ Cu\ O$
4..........	5,01	12,6	0	12,6	0	3,7	3,4	$SO^4Cu.4\ Cu\ O$
6..........	5,05	21,5	0	21,5	0	3,3	6,5	$SO^4Cu.9\ Cu\ O$
8..........	5,11	32,2	11,2	21	3,9	3,5	6	Hydro + $SO^4Cu.9\ Cu\ O$
10..........	5,17	40,3	19,7	20,6	6,9	7,9	6,2	» + $SO^4Cu.3\ Cu\ O$
12..........	5,22	45,5	29,9	15,6	10,2	7,5	2,6	» + $SO^4Cu\ 2\ Cu\ O$
14..........	5,30	57,5	37,7	19,8	13,3	9,7	2,04	» + $SO^4Cu.2\ Cu\ O$
16..........	5,37	60	42,30	17,7	14,8	8,8	2,02	» + $SO^4Cu.2\ Cu\ O$
18..........	5,48	68,5	49,3	19,2	17,2	9,6	2,0	» + $SO^4Cu.2\ Cu\ O$
20..........	5,64	81	59,3	21,7	20,7	7,6	2,85	» + $SO^4Cu.3\ Cu\ O$
22..........	5,74	82	65	17	22,6	7,3	2,32	» + $SO^4Cu.3\ Cu\ O$
24..........	5,94	91	73	18	25,4	7	2,57	» + $SO^4Cu.3\ Cu\ O$
26..........	6,64	94	81,4	12,6	28,4	6,2	2,03	» + $SO^4Cu.2\ Cu\ O$
28..........	7,42	94	81,4	12,6	28,4	6,2	2,03	» + $SO^4Cu.2\ Cu\ O$
30..........	7,95	94	81,4	12,6	28,4	6,2	2,03	» + $SO^4Cu.2\ Cu\ O$
				Cu du Cu $(OH)^2$].				
40..........	9,34	99	28	71	9,8	traces	—	Hydrocarbonate + hydrate

cuivre précipité. C'est ce que nous avons vérifié pour les deux points principaux de la courbe.

		Carb. de soude dans sulf. de cuivre	Sulf. de cuivre dans carb. de soude.
20^{cm3} sulf. de Cu 20^{cm3} carb. de Na	donnent.	81^{mg} de Cu préc.	$73^{mg},5$ de Cu précip.
20^{cm3} sulf. de Cu 28^{cm3} carb. de Na	donnent.	94^{mg} de Cu préc.	90^{mg} de Cu précip.

Enfin, nous avons voulu voir quels étaient les composés précipités dans les deux cas précédents (20 — 20, 20 — 28, lorsque l'équilibre était atteint. Nous avons trouvé, au bout de 4 jours pour les proportions indiquées :

	$SO^4Cu, 5H^2O$.	CO^2Na^2.	Cu total précité.	Cu du (CO^2)	Cu du SO^4	$\frac{Cu\ (SO^4)}{SO^4}$
I...	20^{cm3}	20^{cm3}	92^{mg}	20^{mg}	72^{mg}	31
II...	20^{cm3}	28^{cm3}	100^{mg}	100^{mg}	0^{mg}	—

Précipités formés. — I, hydrocarbonate + $SO^4Cu.4\,CuO$ dominant ; II, hydrocarbonate pur.

Mais au bout de ce temps, par déshydratation, l'hydrocarbonate a donné de la malachite.

Il ressort des essais que nous venons de décrire que la composition chimique d'une bouillie cuprique bourguignonne est sous la dépendance très étroite du pH du milieu, chaque composé insoluble de cuivre ne pouvant exister qu'entre certaines limites de l'acidité ionique.

(Extrait des *Comptes rendus des séances de l'Académie des Sciences*, t. 196, p. 2024, séance du 26 juin 1933.

RECHERCHES SUR LES PORTE-GREFFES

LA REPRISE DU BOUTURAGE

PAR

M. BRANAS professeur — **G. BERNON** préparateur — **M. LAPORTE** stagiaire

à la chaire de viticulture
de l'Ecole nationale d'Agriculture de Montpellier

Ce travail est le premier d'une série prévue et envisage spécialement la reprise au bouturage des cépages utilisés comme porte-greffes à l'heure actuelle ou qui paraissent devoir, dans l'avenir, prendre une place appréciable dans la culture. Les autres propriétés des mêmes sujets seront étudiés successivement, dans plusieurs champs d'essais établis à l'Ecole suivant les règles fixées par notre maître, M. L. Ravaz (1).

Nous avons fait appel dans ces essais, que nous chercherons à répéter dans d'autres vignobles, aux sujets anciens utilisés actuellement, à d'autres anciens aussi, mais peu utilisés, enfin aux obtentions recentes.

Nous avons, dans cette voie, limité nos efforts, en 1933, à l'appréciation de la reprise au bouturage des porte-greffes à essayer, qui est bien une des questions de premières importance ainsi que celle dont l'étude vient la première dans l'ordre logique.

Une pépinière a été établie à l'Ecole de Montpellier avec les sujets à étudier, placés à coté de témoins connus. Les inégalités

---

(1). Annales Ecole nationale d'Agriculture de Montpellier : *Nouvelles recherches sur les porte-greffes*, par MM. L. Ravaz et G. Verge. 1922 — *Les anciens et les nouveaux porte-greffes* dans les champs d'expériences de l'Ecole, par MM. L. Ravaz et M Branas, 1927. — *Observations sur les porte-greffes* dans quelques champs d'expériences de l'Ecole, par MM. Branas et P. Aldebert, 1929.

constatées depuis longtemps dans la reprise de la même variété suivant sa situation dans la parcelle nous a amenés à multiplier ces derniers. Le témoin choisi était le Riparia Gloire de Montpellier.

Le terrain, argilo-calcaire, de fertilité moyenne ne convient pas parfaitement à l'établissement d'une pépinière. Néanmoins bien défoncé, il a paru possible d'y obtenir des plants racinés suffisamment développés.

La plantation a été exécutée par les méthodes ordinaires à 20, 25 cms de profondeur. Les boutures étaient placées sur la ligne à raison de 25 boutures au mètre courant, les lignes elles-mêmes étant situées à 1 m. 50 d'intervalle. Ce sont des distances un peu supérieures à celles que l'on adopte pratiquement, mais si elles permettent un meilleur développement du plant, nous ne croyons pas qu'elle puissent aider à la reprise dans une mesure capable de modifier nos conclusions.

L'année 1933, très sèche au printemps et en été n'a guère été favorable aux plantations. Pour éviter un échec, nous avons fait arroser les boutures à la main de fin juin à fin août, sur la ligne, aussi fréquemment que nécessaire, soit tous les 15 jours en moyenne et parfois toutes les semaines. La culture donnée après plantation à la houe à cheval et à la main, a tenu le sol exempt de mauvaises herbes et parfaitement souple en surface.

En résumé, si certaines circonstances étaient favorables comme les arrosages fréquents, la culture, etc.. d'autres avaient un effet nettement nuisible : nature du sol, circonstances climatériques, etc.., de telle sorte que nous croyons nous être placés en situation sinon très mauvaise, du moins médiocre.

Technique. — Les témoins, fournis par le Riparia Gloire, ont été répartis en plusieurs lots disposés en échiquier sur la parcelle Pour chaque lot on a établi le rapport : Boutures racinées, boutures mortes et obtenu ainsi le pourcentage de reprises dans la partie du champ qui les portait. Ce terme nous servit ensuite de comparaison dans l'appréciation de la reprise des lots voisins à essayer, étant entendu que le Riparia Gloire de Montpellier reprend très bien de bouture,

Le Riparia Gloire de Montpellier a donné, suivant les lots et leur situation sur le terrain, de 65 à 100 °/₀ de reprises. Les variations pour un même cépage de la reprise au bouturage paraissent donc assez considérables et sont sans doute fonction des modalités de la plantation, du tassement, par exemple, qu'il est difficile d'effectuer d'une façon parfaitement uniforme et des conditions de conservation avant plantation.

Les boutures des variétés à essayer étaient en nombre suffisant, une centaine au moins, pour que la moyenne obtenue puisse être retenue. On a donc déterminé le pourcentage de reprises des cépages étudiés et on aurait pu conserver ce chiffre, indiquant la reprise pour cent, telle qu'elle était réellement ou corrigée par un coefficient résultant de la comparaison au témoin le plus proche. Les chiffres obtenus ainsi paraissent trop précis et susceptibles de présenter un aspect assez faux de la question. Une telle précision n'apparait point nécessaire au viticulteur à qui il importe seulement de savoir s'il peut obtenir avec tel cépage un nombre suffisant de reprises, fixé par exemple à 60 °/₀.

Aussi, dans cet ordre d'idées, nons avons établi 5 classes en groupes de cépages :

1° Ceux qui reprennent très bien de bouture : Riparia-Gloire de Montpellier, Rupestris du Lot, etc..., et pour lesquels nous dirons la reprise très bonne au-dessus de 85 o/o dans les conditions de nos essais ;

2° Ceux dont la reprise est bonne de 40 à 60 o/o ;

3° Ceux dont la reprise est moyenne de 40 à 60 o/o ;

4° Ceux dont elle est mauvaise de 10 à 40 o/o ;

5° Ceux dont elle est très mauvaise, ex. : V. Berlandieri, V. Cordifolia, etc..., au-dessous de 10 o/o.

(Ces chiffres étant rapportés comme il a été dit plus haut à la reprise du Riparia-Gloire de Montpellier.)

Pratiquement, les groupes à reprise bonne et très bonne seront de multiplication aisée ; le groupe à reprise dite moyenne sera de multiplication délicate ; enfin les deux autres se multiplient mal par boutures.

Ces conditions d'interprétation fixées, nous étudierons successivement les divers groupes d'hybrides, en notant dans les tableaux successifs le pourcentage brut des reprises et la position de chacun d'eux dans notre classement :

1° *Espèces*

Il ne reste plus dans la culture que deux espèces utilisées comme porte-greffes.

Riparia-Gloire de Montpellier..	94 ...	Très bonne.
Rupestris du Lot............	88 ...	—

Une série de Berlandieri provenant de l'Institut agricole d'Algérie ont une reprise mauvaise ou très mauvaise, le meilleur paraissant être le n° 2 : 28 o/o ;

2° *Hybrides de Riparia-Rupestris*

3309 C................	75 o/o ...	Bonne.
3306 C................	82	Bonne.
2-1 E M. (Rz.)........	91	Très bonne.

Ces sujets se sont toujours montrés très suffisants au point de vue qui nous occupe.

3° *Hybrides de Riparia-Berlandieri*

420 A Mt-Gt.........	51 o/o ...	Moyenne.
420 B Mt-Gt.........	45	—
420 C Mt-Gt.........	81	Bonne.
161-49 C.............	70 o/o ...	—
34 E. M.............	77	—
7605 Cl..............	55	Moyenne.
7501 Cl..............	53	—
Hybride Rousset.......	59	—
Hybride Gauthier......	72	Bonne.
157-11 C.............	11	Mauvaise.
8 B Téléki........	49	Moyenne.
5 BB Téléki........	53	—
193 Ri...............	52	—

199 Ri...............	39	Mauvaise.
204 Ri...............	24	—
322 Ri...............	19	—
194 Ri...............	50	Moyenne.
202 Ri...............	36	Mauvaise.
209 Ri...............	39	—
263 Ri...............	17	—
267 Ri...............	21	—
300 Ri...............	28	—
312 Ri...............	19	—

Dans ce groupe, assez nombreux, les résultats de nos essais ne font pas ressortir une reprise uniforme au bouturage.

L'essai de 11 hybrides Ruggiéri provenant de l'Institut agricole d'Algérie paraît nous conduire à repousser leur emploi dans la pratique. Pour 10 d'entre eux la reprise est, en effet, mauvaise, moyenne seulement pour le 11°.

157-11 C Provenant de l'Ecole a mal repris. Il est, d'ailleurs, peu ou pas utilisé. 161-49 du même hybrideur nous a surpris par une bonne reprise.

Les deux hybrides de Castel ont une reprise seulement moyenne.

Les hybrides Rousset et Gauthier dont l'un est utilisé sous un autre nom, n'ont pas été brillants, sauf le second dont la reprise est bonne.

Les résultats obtenus avec 34 E. M. ont été très bons. Par contre 420 A et B. n'ont pas été brillants, 420 C. étant bien meilleur : il se classe en tête du groupe avec 81 o/o de reprises.

Les deux hybrides de Téléki 8 B et 5 BB que l'on répand en France peut-être parce qu'ils ont le mérite de la nouveauté, n'ont pas été supérieurs à 420 A et ont paru inférieurs à beaucoup d'autres. Néanmoins, on prétend que leur reprise est bonne voire même excellente : ici nous n'avons rien constaté de semblable. Il est vrai que les boutures plantées provenaient de Hongrie, et bien qu'elles n'aient pas souffert pendant le transport ou la conservation, il est possible que l'insuccès partiel provienne d'un accident, ou encore soit dû à un aoûtement imparfait.

En résumé, notre essai fait apparaître la supériorité dans ce groupe d'hybrides de 420 C., 34 E. M., Hybride Gauthier, 161-49 C. qui se classent dans l'ordre. La reprise des autres hybrides du groupe n'est que moyenne ou mauvaise, *sous réserve évidemment de confirmations ultérieures.*

4° *Hybrides de Rupestris-Berlandiéri*

17-37 Mt-Gt..................	52 ...	Moyenne.
P. D. A. E. M. (Rz)..........	18 ...	Mauvaise.
P. D. B. E. M. (Rz)..........	55 ...	Moyenne.
1-1 E. M. (Rz)..............	74 ...	Bonne.
1-3 —..............	75 ...	—
3-1 —..............	31 ...	Mauvaise.
4-1 —..............	27 ...	—
44 R......................	15 ...	—
57 R......................	33 ...	—
99 R......................	54 ...	Moyenne.
110 R......................	21 ...	Mauvaise.
Rup.-Berl. des Arcades. Vt......	13 ...	—

Les hybrides de ce groupe sont appelées sans aucun doute à prendre une certaine extension dans les vignobles des régions chaudes ; par suite, nous apportons à leur étude une attention toute particulière.

17-37 Mt-Gt. a une reprise moyenne. Parmi les hybrides Richter, assez inégaux à ce point de vue, seul le 99 R. paraît être sinon suffisant du moins acceptable.

Dans les hybrides de l'Ecole obtenus par M. Ravaz, les numéros 1-1 et 1-3 paraissent émettre facilement des racines. Nous ne les croyons pas inférieurs, sur d'autres points, aux représentants du même groupe actuellement en usage — des essais ultérieurs nous éclaireront sur ce point — et il semble que le viticulteur et particulièrement le viticulteur-pépiniériste auraient intérêt à les multiplier.

5° *Hybrides de Riparia-Rupestris-Berlandieri*

1 M..................	63 ...	Bonne.
3 M..................	40 ...	Moyenne.

14 M..................	41 ...	Moyenne.
18 M..................	71 ...	Bonne.
20 M..................	45 ...	Moyenne.
Hybride Daignère.......	3 ...	Très mauvaise.

Nous avons repris l'étude des hybrides peu connus de ce groupe ; deux au moins, présentent, au point de vue particulier qui nous occupe, un certain intérêt.

6° *Hybrides de Vinifera-Berlandieri*

41 B. M-Gt...............	15 ...	Mauvaise.
333 E. M..................	77 ...	Bonne.
Berl.-Col. n° 1 B.............	15 ...	Mauvaise.
Berl.-Col. n° 2 B.............	31 ...	—
422 A. Mt-Gt...............	? ...	?

Ce groupe d'hybrides est très important : ses représentants pouvant être, comme on sait, cultivés dans les très mauvais sols, très calcaires.

41 B., le plus connu, s'est montré mauvais (1). 333 E. M. par contre a confirmé sa faculté de bien reprendre de bouture qualité déjà connue. Les Berlandieri-Colombard numéros 1 et 2 ont été inférieurs à 333 Ecole. Les boutures de 422 A. Mt-Gt. n'étaient pas en nombre suffisant pour permettre d'asseoir une conviction.

7° *Hybrides de Riparia-Cordifolia*

125-1 Mt-Gt.........	57 ...	Moyenne.
125-2 Mt-Gt.........	92 ...	Très bonne.

Jusqu'à présent ces sujets dont l'adaptation aux terrains calcaires est limitée, ont paru manquer d'intérêt.

8° *Hybrides de Rupestris-Cordifolia*

Cord. Rupestris n° 1 de Grasset Mt..	39 ...	Mauvaise.
107-11 Mt-Gt.....................	37 ...	—

(1) La mauvaise reprise du 41-B, évidemment exceptionnelle, peut tenir aux conditions météorologiques particulières de l'année 1932. (Cf. *J.-L. Vidal.* in Progrès Agricole et Viticole, 1933². p. 453. *Sur les défaillances du Chasselas × Berlandieri 41-B.*)

16- 1 E. M. (Rz.)................	58 ...	Moyenne.
16- 2 —	52 ...	—
16- 3 —	79 ...	Bonne.
16- 4 —	9 ...	Très mauvaise.
16- 5 —	49 ...	Moyenne.
Sioux R........................	63 ...	Bonne.

Dans ce groupe dont l'intérêt a été signalé plusieurs fois, les nouveaux reprennent mieux que les anciens, en particulier 16-3 Ecole et Sioux R.

9° *Hybrides de Vinifera-Rupestris-Cordifolia*

62-66 C..........	87 ...	Très bonne.

10° *Hybrides de Riparia-Rupestris-Cordifolia*

106-8 Mt-Gt............	85 ...	Très bonne.

Les qualités de ce porte-greffe très apprécié dans les sols battants non calcaires sont connues.

10° *Hybrides de Riparia-Monticola*

18804 Cl.......	75	.....	Bonne
18808 Cl.......	87	.....	Très bonne
18815 Cl.......	81	.....	Bonne
6831 Cl.......	69	.....	Bonne

Nous avons écarté de nos essais les hybrides 1R et 2R de M. Ravaz dont la résistance au phylloxéra n'est pas suffisante, pour ne conserver que les hybrides de Castel, qui figurent ci-dessus ; ce sont d'ailleurs des hybrides dont la composition est mal connue.

M. Ravaz a signalé les remarquables résultats obtenus dans les champs d'essais de l'Ecole avec 18804 et 6831. Ils doivent être suivis et paraissent susceptibles de présenter un intérêt comparable à celui des Rupestris-Berlandieri. Ils reprennent très bien de bouture : on le savait déjà.

11° *Hybrides de Rupestris-Monticola*

N° 12 E. M. (Semis de M. Ravaz)	57	.....	Moyenne.

12° *Hybrides de Riparia-Rupestris-Æstivalis*

215-2 Mt. — Gt..	8	.....	très mauvaise

13° *Hybrides de Riparia-Rupestris-Candicans*

216-3 Cl........	27	.....	Mauvaise
215-1 Cl........	71	.....	Bonne
227-1 Cl........	85	.....	Très bonne
1616 C.........	66	.....	Bonne

Les 3 hybrides de Castel seraient des Solonis-Lot. Le 216-3 a mal repris, mais 215-1 et surtout 227-1 vont bien mieux.

1616 C. Solonis-Riparia, a une bonne reprise.

14° *Riparia-Rupestris-Candicans-Berlandieri*

45 E. M...	77	.....	Bonne
31 R...........	59	.....	Moyeune

Les hybrides de *Vinifera-Rupestris* n'ont pas figuré dans nos essais. Leurs aptitudes ne paraissent point justifier leur utilisation. Ils présentent des inconvénients d'emploi (faible résistance au phylloxéra sous notre climat, vigueur excessive en d'autres régions), tels que leur multiplication et leur culture ne paraissent pas devoir être continuées.

OBSERVATIONS

Nous ne pensons évidemment pas qu'une seule année d'essais nous permet une appréciation définitive de la reprise au bouturage des divers sujets étudiés, par suite même des différences notées dans la reprise du même cépage, qui peuvent entraîner des différences notées de 25 à 30 o/o.

Ces différences pourraient être attribuées à diverses causes.

1° *Modalités de la plantation* — Bien qu'il soit pratiquement difficile de leur assigner une valeur constante, nous pensons avoir pris suffisamment de précautions dans notre cas particulier pour que les variations provoquées ainsi ne soient pas de grande amplitude.

2° *Aoûtement des bois.* — On admet une relation entre l'abondance des réserves du corps de la bouture et l'émission des racines, l'importance des réserves apparaissant comme un facteur important de la reprise. On pourrait en conclure : les bois bien aoûtés reprennent mieux au bouturage que les bois qui ont mûri imparfaitement.

A ce point de vue les variations habituelles de l'aoûtement paraissent jouer, en dehors des limites d'action sur la reprise au bouturage, leur effet, sauf pour les très faibles valeurs étant réduit à une diminution du premier développement et peut-être du développement total de la bouture.

Dans certains cas même, le mauvais aoûtement favorise la sortie des racines.

3° *Conservation, transport, etc.* — Entre l'instant où la bouture est détachée de la souche-mère et le moment où elle est plantée en pépinière, il s'écoule un temps plus ou moins long. Les procédés de conservation et de transport sont ceux que l'on connaît ; c'est aux conditions de vie des boutures pendant ces manipulations que nous attribuons la plus large influence sur leur développement ultérieur, et particulièrement sur leur enracinement.

En résumé pour un même cépage, les variations enregistrées dans la reprise de bouture nous paraissent tenir davantage aux opérations qui suivent la taille et précèdent la plantatfon qu'à celles qui résultent de la plantation elle-même et de l'état des bois (1).

Cas général. — Si l'on cesse d'envisager la reprise d'un seul cépage pour se placer dans un cadre général on doit admettre des différences considérables dans la reprise au bouturage des diverses espèces de vigne. On sait que Vitis Riparia, V. Rupestris, V. Vinifera, etc..., reprennent bien de bouture. Au con-

(1) Tout en restant évidemment dans les limites qui, pour ces deux derniers facteurs, ne sont pas susceptibles de diminuer la vitalité de la bouture jusqu'à empêcher toute reprise.

traire, V. Berlandieri, V. Cordifolia, V. Aestivalis, etc..., s'enracinent fort mal.

Quelques-unes de ces dernières espèces possèdent des aptitudes qui présentent un haut intérêt cultural et le problème posé par leur multiplication difficile, qui est un obstacle insurmontable pour la pratique viticole, a été abordé par des voies différentes. Certains s'appliquèrent à modifier la reprise par croisement avec un cépage s'enracinant bien, d'autres recherchèrent les moyens d'obtenir directement avec les boutures des espèces en cause une reprise suffisante en mettant en œuvre divers artifices.

1° *Hybridation.* — Si nous affectons au caractère « reprise de bouture du V. Berlandieri » le symbole B, qui désignera une reprise très mauvaise et au caractère « reprise de bouture du V. Riparia », qui désignera une reprise très bonne le symbole B', nous constituerons ainsi avec BB' un couple d'allélomorphes.

L'hybride, défini génotypiquement par BB' paraît correspondre au phénotype $\frac{B + B'}{2}$. Les hybrides de Riparia-Berlandieri sont, en effet, intermédiaires aux parents, pour ce caractère. Non pas d'ailleurs exactement intermédiaires, mais tels que leurs reprise B'' soit $B < B'' < B'$ (1).

En définitive, il ressort que le croisement $B \times B'$ ne peut donner des plantes reprenant bien de bouture (autant que le parent à très bonne reprise) et il semble nécessaire, si l'on veut progresser par ce moyen, dans cette voie, d'obtenir puis de sélectionner des F^2 résultant du croisement.

2° *Autres moyens.* — Les remèdes proposés par les auteurs à la mauvaise reprise de boutures de certaines espèces de vignes américaines ont été nombreux. Des résultats parfois remarquables ont été obtenus par Couderc et par M. L. Ravaz par bouturage précoce (avant la chute des feuilles) ou tardif (après le développement des rameaux). Malgré la constance relative de ces

---

(1) Cf. L'hybridité chez la vigne, in *Rapport à M. le Directeur de l'Institut des Recherches Agronomiques*. Oct. 1933, par M. BRANAS et M. G. BERNON. Ici la reprise au bouturage paraît supportée par plusieurs facteurs.

résultats, on ne peut songer à une application régulière de ces deux techniques. Le bouturage précoce aussi bien que le bouturage en pousse nécessitent des manipulations délicates et supposent que les boutures ne doivent pas être conservées ; toutes deux encore doivent affaiblir notablement les souches-mères.

On a recommandé de n'utiliser, pour la multiplication par bouture, que des crossettes, mais on ne peut en obtenir sur les pieds mères taillés à la manière habituelle et il ne peut être question de modifier dans ce sens la taille des vignes à bois. Un essai effectué l'hiver dernier a donné :

V. Berlandieri	Boutures	ordinaires.	Reprise	2 %
id.	id.	crossettes.	id.	2,5 %

Il ne parait donc pas utile de s'engager dans cette voix et on ne peut dès lors que rechercher dans le cadre des opérations habituelles les moyens propres à élever le pourcentage des reprises au bouturage des sujets s'enracinant mal.

La cause des échecs, ou tout au moins une des causes d'échec a depuis longtemps été signalée par M. L. Ravaz ; elle résulterait du décalage qui existe chez le Berlandieri en particulier entre le moment où les rameaux de la bouture se développent et l'émission des racines. Les feuilles nées avant les racines contribuent à dessécher le corps de la bouture qui meurt avant la formation du système radiculaire.

Pour assurer la reprise, il suffirait de fournir à la bouture de l'eau en abondance au début de la végétation, sans gêner le développement même du système radiculaire en le privant d'air. Dans ce but, nous avons placé en pots des boutures de Riparia et de Berlandieri portant au-dessous du dernier œil une portion de mérithalle de quelques centimètres, raccordée par un tube en caoutchouc à un réservoir élevé. Nous avons pu faire pénétrer par la base ainsi des liquides divers dans le corps de la bouture. Nous avons mesuré en fin d'expérience (après 3 mois) le développement de la partie foliacée et du système radiculaire.

	Riparia Gloire de Montp.		V. Berlandieri	
	Feuilles	Racines	Feuilles	Racines
Témoin ; sans biberon.....	7	1,9	0	0
Eau..........	4,7	1,1	1,8	0,5
Sève brute....	4	0,5	0	0
Nitrate de Pot.	1,1	0,1	3,2	0,4
Boutures à base paraffinée...	0	0	0	0

L'eau et le nitrate de potasse absorbés paraissent avoir une action très légèrement favorable à l'émission des racines chez Berlandieri, défavorable chez Riparia dont le témoin a été le plus développé. L'occlusion de la base de la bouture par de la paraffine a toujours empêché toute reprise.

Mais, si l'eau paraît jouer un rôle certain on ne voit pas bien comment on pourrait modifier les techniques en usage dans un sens qui soit favorable.

Dans autre ordre d'idées, déjà envisagé par M. L. Ravaz, nous avons essayé de hâter le développement des racines et de retarder celui des feuilles en exposant les deux extrémités de la bouture à des températures différentes. Les moyens connus que nous avons mis en œuvre ne nous ont pas donné de résultats favorables et on ne peut songer pratiquement à faire appel à eux.

Enfin de nombreux auteurs ayant signalé que le Berlandieri reprenait mieux de bouture en Algérie qu'en France, peut-être parce qu'il y fait plus chaud, peut-être aussi pour toute autre cause résultant d'une situation différente, nous avons effectué les essais suivants :

Reprise dans :

	à l'extérieur		en serre (à 25°).	
	Riparia	Berland.	Riparia	Berland.
Sable de Montpellier	88 %	0	60 %	0
Gravier...........	40	0	75	0
Terre argilo-calcaire.	75	0	66	25
Terreau de jardin...	«	«	75	0
Sable de Montpellier Bout. Chauf. 5' à 50°	«	«	50	0

Les essais ont été faits en pots dans les deux cas. Seule la terre argilo-calcaire paraît avoir joué un rôle favorable peut-être parce qu'elle retenait mieux l'eau.

Conclusions. — Les moyens qui permettraient d'accroître la reprise au bouturage des espèces qui s'enracinent mal, mais dont la multiplication et la culture seraient souhaitables ne sont pas définis exactement. Tous ceux qui ont été proposés sont sans effet, à quelques exceptions près qui ne sont pas, toutefois, applicables à la pratique.

La reprise au bouturage de ces espèces ou hybrides paraît ne pouvoir être obtenue que par la mise en jeu du mécanisme héréditaire, dans l'obtention de plantes de deuxième génération à partir des hybrides en usage actuellement. Aussi bien peut-on dire que l'hybrideur qui a limité ses efforts à l'obtention de plantes de première génération n'a effectué qu'une partie du travail nécessaire ; le semis après autofécondation ou croisement entre eux des sujets que nous connaissons doit permettre de combler la lacune qui a fait l'objet de ce travail.

UN CAS DE FANAISON D'ALLURE APOPLECTIQUE

SUR UNE JEUNE PLANTATION DE PÊCHERS

PAR

J. BONNIOL et G. KUHNHOLTZ-LORDAT

Une plantation de pêchers réalisée par l'un de nous à la fin de l'année 1932 (Clos Jean, Chemin des Brusses, Montpellier) dépérissait rapidement, mais partiellement, après avoir émis des pousses de 1^{m},25 en moyenne et d'une vitalité remarquable.

L'extension du mal a été très rapide :

9 octobre..........	6	pêchers flétris
10 —	10	—
11 —	17	—
13 —	20	—
17 —	21	—

Dans tous les cas la mort a été consécutive ; on se trouvait en présence d'une fanaison d'allure apoplectique.

Nature du sol. — Argilo-calcaire avec cailloux roulés, terre forte, 4 à 8 o/o de carbonate de chaux, sous-sol assez perméable.

Cultures antérieures et préparation du sol. — 1er octobre 1931 : arrachage d'une vigne de 40 ans, ne présentant aucun indice de maladie, pas de pourridié.

10 octobre. — Épandage de superphosphate minéral, 700 K° à l'hectare.

20 octobre. — Semailles à la volée de blé Zara Strampelli.

12 juillet. — Défoncement par système Fowler (2 locomobiles) 0,75. Les fourrières ont été défoncées à l'explosif agricole.

Octobre-décembre 1932. — Labours de nivellement et d'émiettage.

Plantation. — Les plants ont été arrachés aux premiers jours de novembre et mis en jauge chez le pépiniériste, par paquets de 25.

Les pluies persistantes ont retardé la retiraison jusqu'au début de décembre. A cette date, ils ont été transportés en camionnette, dans la journée, et remis en jauge dans le jardin potager de la campagne, les paquets défaits et placés soigneusement en ligne. Ils ont aussitôt après la mise en jauge et avant d'être butés, reçu une pulvérisation copieuse avec une bouillie :

Sulfate de cuivre....	3 kilos
Chaux............	3 kilos
Lait..............	2 litres

La plantation a eu lieu le 27 décembre par temps très froid : les plants enlevés de la jauge ont été soigneusement et sévèrement « habillés » en raison des nombreuses mutilations provoquées par un arrachage trop brutal.

Les plants, étant enfoncés jusqu'au niveau de la soudure exactement, dans le trou de plantation, ont été recouverts de terre de jardin potager. Pour assurer une adhérence parfaite des racines, ces arbres ont été arrosés au lendemain de la plantation avec 10 litres chacun d'une solution :

Urée..................	1 gr.	par litre
Phosphate d'ammoniaque.	1/2 gr.	—
Sulfate de potasse.......	1/2 gr.	—

Le 18 février 1933, un deuxième traitement d'hiver a été effectué avec une bouillie bordelaise à 3 o/o rendue mouillante par de « l'Adhésol ».

Dès les premiers indices de départ de la végétation, dans la deuxième quinzaine de février, la première taille de formation a été effectuée, et toutes les plaies de taille soigneusement badigeonnées avec le mastic liquide de Lhome-Lefort.

Le débourrement a été très normal et tous les arbres dans l'ensemble ont poussé avec une très grande vigueur. Protégés

par des traitements très fréquents contre les divers pucerons, ils ont donné une pousse moyenne de 1 mètre 25.

Malgré la sécheresse, ils n'ont donné aucun signe de manque d'eau grâce aux façons superficielles continues qui ont été données d'avril à septembre.

Du 7 septembre au 8 octobre 1933, le terrain a été continuellement détrempé par les pluies dont certaines, celles de fin septembre, ont apporté des masses d'eau considérables.

Des vents du sud, du sud-est, de l'est, et quelquefois du sud-ouest, assez violents, ont incliné les arbres dans tous les sens. La terre compacte refoulée par l'inclinaison des arbres a laissé, pour beaucoup d'entre eux, la région du collet isolée de la terre et libre au milieu d'un entonnoir. Cette région a donc baigné dans l'eau pendant un temps assez long, puis a été exposée à l'action directe de l'air, des vents et du soleil.

Cause du mal. — Les conditions antérieures au débourrement (mises en jauge, préparation du sol et plantation) ne présentent rien de suspect. Après le débourrement, la vigueur des pousses prouve une excellente reprise et une plantation réalisée dans des conditions parfaites. Il a donc fallu examiner les plants eux-mêmes au moment des fanaisons.

Les arbres arrachés au début de la fanaison ont toujours montré les racines très saines.

L'allure apoplectique indiquait donc, dans la tige, la probabilité d'une évolution circulaire et progressive de part et d'autre d'un point de nécrose. Or la tige n'offrait aucune lésion *hors de terre* ; les sondages au greffoir montraient tous une plaie verte, parfaitement indemne.

Le mal se localisait donc entre le chevelu radiculaire et le niveau du sol. Une tige fut sectionnée par rondelles successives de part et d'autre de la soudure et au niveau même de celle-ci. L'examen fut concluant : il s'agissait bien d'une nécrose à évolution circulaire ; elle avait son point de départ dans l'onglet.

Cette nécrose a une double évolution, circulaire et longitudinale (voir fig. 1 et 2). Elle est localisée dans la région des tissus

jeunes, bois et liber surtout. C'est une infiltration lente par la zone du cambium (fig. 2), entraînant un décollement épidermique autour de l'écorce brunie et une dissociation des éléments ligneux les plus jeunes. Un examen microscopique montre, en effet, les fibres et les vaisseaux disjoints, la lamelle mitoyenne des cellules ayant été dissociée.



FIG. 1. — **La nécrose gagne de part et d'autre de l'onglet ; le pointillé délimite cette nécrose autour de l'onglet. (*Réd. 1/3*).**

Tant que l'anneau de nécrose a une portion de cambium intacte, la sève circule, du côté opposé à l'onglet et l'irrigation des parties aériennes redevient normale au-dessus de la gaine nécrosée (fig. 1).

Le 19 octobre, l'un de nous examinant les arbres non encore fanés, en découvrit 62 portant à des degrés plus ou moins avancés, des traces de nécrose.

Plus la zone atteinte s'étend, plus la fanaison s'accentue et l'on conçoit qu'il y ait allure apoplectique à partir du moment où l'anneau de nécrose est complètement formé.

Il ne faut incriminer aucun parasite. Il s'agit, pensons-nous, d'un simple processus saprophytique anaérobie sous l'eau (1).

Le champ a été inondé au moment des pluies qui ont amené les catastrophes que l'on sait dans la région de Montpellier. La terre est forte, dure en été, plastique en hiver. De plus l'eau a séjourné, par un procédé mécanique sur lequel il n'est pas inu-

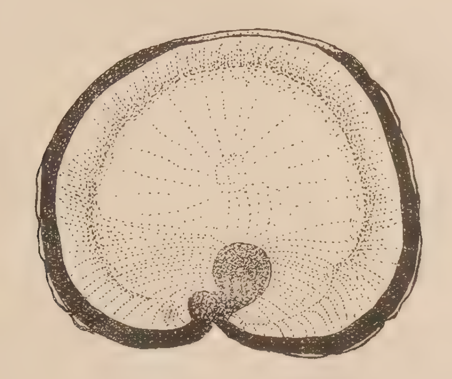


FIG. 2. — Coupe transversale au niveau de l'onglet, montrant l'infection circulaire progressive déclenchée à l'onglet. La zone noircie montre la nécrose de tous les tissus jeunes avec décollement de l'épiderme. (*Grand. nat.*)

tile d'insister pour les régions ventées (mistral, tempêtes marines, etc...). Nous avons indiqué plus haut que les vents avaient été violents. Pendant les perturbations atmosphériques les jeunes plants ont été inclinés en tous sens, creusant autour de la région de l'onglet un véritable cône dont les parois tassées ont retenu l'eau. Ces entonnoirs remplis aux moindres pluies, étaient encore visibles fin septembre, dans toutes les parties du champ qui avaient été inondées. Les 62 arbres atteints et observés le 19 octobre étaient localisés dans ces parties et munis d'entonnoirs.

(1) La durée « d'incubation » paraît assez difficile à préciser car, si la grande pluie causant les inondations a eu lieu la nuit du 26 septembre, en réalité il avait déjà plu abondamment depuis le 7 (la première pluie importante mettant fin à la période de sècheresse a eu lieu dans la nuit du 6 au 7 septembre) et à partir de cette date il a plu très fréquemment.

L'onglet, magma de tissus morts, a été alors la porte ouverte aux bactéries anaérobies dont l'action est confirmée par la dissociation des cellules.

Conclusions. — Le sol, le porte-greffe et le greffon sont sains à l'origine ; la soudure et la reprise sont parfaites. Seule une porte d'entrée a été ménagée : l'onglet. Il n'y aurait eu aucun mal, si les circonstances relatées s'étaient produites sur des plants plus âgés à bourrelet cicatriciel complet.

Malgré le caractère exceptionnel et localisé de ces dégâts, ils sont suffisamment graves pour que l'on puisse suggérer aux pépiniéristes de livrer des plants à onglet protégé (mastics ou autres procédés) ; cette protection est à assurer de toute manière par l'arboriculteur qui redoute les inondations, ou qui simplement possède des terres fortes à mauvais écoulement : le badigeonnage au mastic liquide sera utilement précédé d'un brossage de l'onglet à la bouillie bordelaise. Les plants devront être maintenus aussi immobiles que possible afin d'éviter le décollement de la terre autour de la soudure ; le buttage nous paraît avoir plus d'inconvénients que d'avantages.

NOTE SUR DEUX CAS DE DÉPÉRISSEMENT

ET LEUR RELATION AVEC LA PRÉSENCE DE CERTAINS CHAMPIGNONS DANS LE VIEUX BOIS DE LA VIGNE

Par MM.

M. BRANAS et **G. BERNON**

Professeur de Viticulture — Chef de travaux de Viticulture

à l'Ecole nationale d'Agriculture de Montpellier.

1° Au début de 1933, M. G. M. signalait à l'un de nous un cas de dépérissement d'une plantation située près de Pradelles (Aude).

Il s'agissait d'une jeune plantation établie en 1930, sur labour profond donné à plat, après une luzerne d'une durée de 9 années qui n'avait jamais donné satisfaction, qui disparaissait même par places et qui suivait elle-même une vieille vigne arrachée parce qu'elle était devenue très faible. La plantation était faite partie avec des greffés-soudés et partie avec des plants racinés d'une origine différente. Les uns et les autres se développent faiblement, sans symptômes ordinaires de court-noué, et un certain nombre de plants meurent en 1932, un plus grand nombre encore disparaissent en 1933. Les plants de remplacement sont atteints et disparaissent. La parcelle est uniformément malade.

Les plants malades sont extrêmement faibles, bien soudés, mais dotés d'un système radiculaire très réduit, constitué presque uniquement par les racines existant à la plantation : leur arrachage est très facile et s'opère par une très légère traction.

Fendus par le milieu dans le sens de la longueur, ils montrent des tissus noircis au voisinage de la moelle, très étendue dans le bois de la tige au voisinage de la base du plant. L'importance des lésions diminue au fur et à mesure que l'on s'éloigne du talon. L'altération franchit la soudure, est encore apparente dans le greffon, mais n'est plus visible dans les sarments de l'année.

Les racines montrent des altérations semblables, particulièrement visibles au voisinage des sections pratiquées à la plantation. Les jeunes racines, extrêmement rares, paraissent saines.

Des coupes transversales de la tige et des racines mettent en évidence un abondant mycélium, cloisonné, dans tous les tissus altérés. Nous avons vu de nombreux filaments dans la moelle, le bois, les rayons médullaires : ils deviennent rares dans les tissus périphériques.

Pour vérifier l'existence d'une relation entre les lésions constatées et le dépérissement, d'une part, et le champignon, d'autre part, nous avons fait les essais suivants :

Des plants racinés sains sont mis en pots après l'accolement à deux plaies pratiquées sur la tige de plusieurs fragments de bois malades. 5 mois après, le champignon est retrouvé dans la tige du plant sain.

D'autres plants sains sont plantés en pots avec des fragments de pieds malades, sans qu'il soit pratiqué sur les premiers des plaies comme précédemment. Néanmoins, au bout du même laps de temps le mycélium a pénétré.

Enfin, le champignon a été retrouvé dans des plants sains plantés dans la terre provenant de la parcelle malade.

Ainsi, dans les trois cas la contamination s'est produite, mais nous devons préciser qu'elle ne s'est pas traduite sur les plants qui ont ainsi reçu la maladie par un affaiblissement notable, ceci pouvant, toutefois, être imputable à la durée trop faible de l'expérience.

Mis en culture sur gélose à la farine d'avoine, le champignon a pu être isolé facilement : c'est un *Fusarium*.

Nous ne saurions affirmer qu'il est la cause du dépérissement observé à Pradelles, bien que nous puissions paraître fondés à

admettre, en l'absence de tout autre cause d'affaiblissement, qu'il soit à la base de la maladie. Quoi qu'il en soit, il s'agit là d'un champignon vivant dans les tiges et les racines, pénétrant par les plaies de ces organes et qui peut passer d'une souche à l'autre par le sol. Indiquons enfin qu'il peut vivre sur la luzerne.

2° Un autre cas un peu différent a été observé par l'un de nous dans le domaine de M. I. F., à St-Genis-des-Fontaines (Pyrénées Orientales). Il s'agit ici, en quelque sorte, d'une maladie des plants de remplacement.

M. F. obtient des greffés-soudés par greffage en pépinière de racinés provenant du champ de pieds-mères qu'il possède. Les plants obtenus servent à combler les vides du vignoble. Ils ont après la mise en place un développement variable, certains étant normaux, mais le plus grand nombre perdant prématurément leurs feuilles, qui se crispent, se dessèchent, puis tombent plus ou moins tôt au cours de l'été. Les entre-cœurs se développent alors avec des feuilles très petites dont la plupart se dessèchent, puis tombent à leur tour. L'aspect est alors très particulier, ne rappelle pas le cas précédemment décrit, mais plutôt les effets de certain *Verticillium* (Arnaud). Les rameaux ne s'aoûtent pas complètement et la souche finit par disparaître. Les souches âgées sont atteintes de la même manière au voisinage immédiat des plants malades.

Ceux-ci portent encore ici des lésions internes en relation étroite avec le talon, de même aspect que précédemment. Des coupes transversales permettent de constater la présence d'un mycélium encore très abondant dans tous les tissus, affectant une répartition identique au précédent, cloisonné aussi, mais différant légèrement par certains caractères.

Les sarments des pieds-mères ne présentent pas de lésions apparentes, mais les racinés en pépinière sont atteints dans une proportion de 50 o/o environ. Il en est de même pour les plants qui, achetés au dehors, séjournent en pépénière, laquelle existe depuis très longtemps à la même place. La contamination par le sol de la pépinière paraît ainsi indéniable.

Le champignon lui-même et les conditions dans lesquelles se produit l'infection sont à l'étude.

*
* *

En nous gardant de conclusions hâtives, qui ne pourraient avoir qu'un caractère précaire parce que résultant d'observations réduites, nous pensons néanmoins pouvoir écrire qu'en dehors des champignons vivant dans les tiges de la vigne et parfaitement connus aujourd'hui, il doit en exister d'autres dont les effets sont confondus avec ceux des pourridiés et du court-noué ou attribués à d'autres causes.

LES PLUIES

DE LA FIN DU MOIS DE SEPTEMBRE 1933
A MONTPELLIER

Par L. CHAPTAL

Directeur de la Station de Physique et de Climatologie agricoles de Montpellier.

Les caractéristiques météorologiques de l'année 1933 dans le Midi. — Du 24 au 30 septembre 1933, une série de violents orages accompagnés d'averses torrentielles ont éclaté sur Montpellier et ses environs. Le Lez et ses affluents ont très rapidement grossi et inondé les terres voisines sur une grande surface, faisant des victimes et causant des dégâts énormes.

Ces fortes pluies du début de l'automne sont l'une des caractéristiques du climat de Montpellier (1). D'après 50 années d'observations, les 754 mm. de pluie qui y tombent annuellement se répartissent de la manière suivante (2) :

	mm		mm		mm		mm
Décembre	64.4	Mars	59.7	Juin	46.7	Septembre	76.1
Janvier	67.9	Avril	71.9	Juillet	27.3	Octobre	102.2
Février	49.2	Mai	59.7	Août	49.2	Novembre	79.7
Hiver	181.5	Print.	191.3	Eté	123.2	Automne	258.0

La saison la plus pluvieuse est l'automne, mais selon l'année considérée, on observe de grandes variations dans la quantité d'eau recueillie pendant cette saison.

---

(1) Chassant. — Le Régime des pluies et des vents pluvieux à Montpellier. (*Annales de l'Ecole nationale d'Agriculture de Montpellier*, t. IV, fasc. IV, année 1905).

(2) Chaptal. — *Les caractéristiques du climat de Montpellier*. (A. Dubois et R. Poulain, Montpellier 1927).

C'est ainsi que pendant l'automne 1920, il est tombé 870mm2 d'eau (dont 450,5 du 7 au 17 octobre), tandis qu'on n'en a enregistré que 89mm2 en 1904, 88mm5 en 1889 et 93mm8 en 1922.

Pour comprendre les effets désastreux des orages de la fin de septembre 1933, il est nécessaire de connaître les caractéristiques météorologiques des mois précédents.

Si l'on compare la température moyenne et la hauteur totale de pluie de la période 1er octobre 1932 au 30 septembre 1933 (qui correspond à l'année viticole) aux normales correspondantes, on constate que cette année a été, à Montpellier, une année chaude et pluvieuse. La température moyenne 15,03 dépasse la normale de 0°6 et la hauteur totale de pluie 1.119mm9 est très supérieure à la hauteur moyenne 754.

Le tableau ci-après montre que, cependant, tous les mois n'ont pas été chauds et pluvieux ; il y en a eu aussi de froids et de secs.

		Température		Pluie	
	Mois	Moyenne	Ecart avec la normale	Totale	Ecart avec la normale
1932	Octobre.....	14.33	—0.54	25.5	— 76.7
	Novembre ..	11.72	+1.55	47.9	— 31.8
	Décembre...	9.3	+2.32	294.3	+229.9
1933	Janvier	4.8	—1.38	102.4	+ 34.5
	Février	7.6	+0.02	70.9	+ 21.7
	Mars...	11.01	+1.02	22.2	— 37.5
	Avril........	14.9	+1.74	29.0	— 42.9
	Mai.........	17.87	+0.91	12.3	— 47.4
	Juin.........	18.9	—1.81	42.4	— 4.3
	Juillet........	24.5	+0.82	1.2	— 26.1
	Août........	25.13	+2.01	3.4	— 45.8
	Septembre ..	20.29	+0.50	468.4	+392.3

La faible pluviosité du printemps et de l'été et la température élevée des mois de juillet et août ont été les causes déterminantes de la grande sécheresse de la saison chaude. Cette sécheresse est mise en évidence par le tableau suivant, qui donne les valeurs des principaux éléments météorologiques pendant les mois de juillet et août des 6 dernières années.

Mois de Juillet et Août	1933	1332	1931	1930	1929	1928
	—	—	—	—	—	—
Pluie totale (1)	4.6	79.9	29.3	81.6	46.4	23.5
Humid. moy. (2)	54.	65.01	61.65	63.06	58.71	54.40
Temp. moy. (3)	23.81	22.98	22.38	22.55	23.65	25.73
Insolat. totale (4)	720.4	542.8	637.7	613.9	682.5	695.1
Evaporation (5)	445.6	252.9	375.	331.7	387.7	436.1

Il est à remarquer que le total des pluies de juillet et août 1933 est le plus faible total observé pour ces deux mois en 60 ans ; il est cependant suivi de près par le total de 1884 : 5 mm.

Les pluies de septembre 1933 à Montpellier. — A l'inverse des mois de juillet et août, septembre a été dès le début pluvieux. La hauteur totale d'eau recueillie pendant ce mois : 468mm4 est la plus forte enregistrée en septembre depuis 1873. Les mois de septembre les plus pluvieux de cette série sont : septembre 1875 : 441,6 et septembre 1932 : 274,3. Voici la répartition des 468mm4 de septembre 1933 et la durée journalière des précipitations.

Mois de Septembre 1933

Date	Pluie en mms	Durée en heures et dix.	Date	Pluie en mms	Durée en heures et dix.
6	13.7	1.1	20	15.4	7.2
7	48.7	8.0	24	0.4	0.3
9	29.5	2.9	25	4.6	1.0
10	12.8	2.4	26	143.2	9.5
11	17.8	6.2	27	113.7	12.8
12	6.4	4.3	28	11.4	7.2
13	gouttes	—	29	34.0	6.5
14	1.9	1.0	30	14.1	9.0
17	0.8	1.0			

Totaux : 468mm4 et 80 heures 4.

Au 25 septembre, le sol, très sec au début du mois, avait déjà reçu 152 mm. d'eau ; il en était gorgé, et on comprend qu'il n'ait

(1) Nombre total de millimètres d'eau tombés.
(2) Moyenne des états hygrométriques moyens journaliers.
(3) Moyenne des températures moyennes journalières.
(4) Durée totale de l'insolation en heures et dixièmes.
(5) Nombre total de millimètres d'eau évaporés par un atmismomètre.

pas absorbé les 316mm4 qu'il a reçus du 26 au 30, étant donné surtout que la vitesse de chute a été parfois très rapide.

La répartition horaire des 256mm9 tombés les 26 et 27 septembre est la suivante :

Entre :	Septembre 26	Septembre 27	Entre :	Septembre 26	Septembre 27
0 et 1 h	—	39.8	12h et 13 h	Gouttes	5.9
1 et 2	—	34.2	13 et 14	—	12.9
2 et 3	—	2.4	14 et 15	1.4	5.3
3 et 4	0.1	Gouttes	15 et 16	0.1	0.5
4 et 5	Gouttes	9.0	16 et 17	3.0	Gouttes
5 et 6	Gouttes	1.5	17 et 18	18.5	Gouttes
6 et 7	Gouttes	0.3	18 et 19	Gouttes	Gouttes
7 et 8	2.7	0.1	19 et 20	4.7	—
8 et 9	0.1	0.1	20 et 21	13.5	Gouttes
9 et 10	—	0.3	21 et 22	45.9	0.1
10 et 11	—	0.1	22 et 23	41.6	—
11 et 12	7.0	1.1	23 et 24	4 6	0.1

Du mardi 26, 9 heures, au mercredi 27, 9 heures, on a enregistré 227mm9 de pluie. Il faut remonter au 11 octobre 1862 pour trouver une chute d'eau aussi considérable : on a recueilli, ce jour-là, 233 mm. en 7 heures (1). Les autres pluies d'une importance de même ordre que les précédentes, observées à Montpellier, sont les suivantes : 203mm7 en 24 heures le 16 octobre 1920 ; 200 mm. en 19 heures le 3 octobre 1864 ; 225 mm. le 15 décembre 1768.

L'intensité de la chute a d'ailleurs été, à certains moments, beaucoup plus considérable que ce que paraît l'indiquer la répartition horaire (2). C'est ainsi que le 26, à 23 h. 30, il est tombé 33 mm. d'eau en 1/4 d'heure et le 27, entre 1 h. 3/4 et 2 heures 1/4 : 40 millimètres. Cela fait pour la première averse une intensité de 2 millimètres à la minute, intensité tout à fait

(1) Martins. — Pluies et orages à Montpellier. (*Bulletin de la Commission météorologique de l'Hérault, année 1874*).

(2) Houdaille. — Etude des pluies de 1885 (*Bulletin de la Commission météorologique de l'Hérault, année 1886*).

exceptionnelle à Montpellier et qui n'a été dépassée que 2 ou 3 fois en 60 ans, notamment le 3 novembre 1910 (1) et le 8 juillet 1917.

La crue du Lez de fin septembre 1933. — C'est précisément après ces violentes averses, vers le milieu de la nuit du 26 au 27 que la crue du Lez a atteint le maximnm. La rapidité et l'importance de la montée des eaux ont été la conséquence : 1° de la saturation du sol par les pluies tombées du 6 au 25 septembre ; 2° des importantes averses de la journée du 26 ; 3° de la grande intensité qu'elles ont eue à certains moments.

Si ces 3 conditions n'avaient pas été simultanément réalisées, les dégats auraient été beaucoup plus réduits, peut-être même insignifiants.

Les 316 mm. 4 d'eau recueillis du 26 au 30 ne proviennent pas de simples pluies, ils ont été fournis par une série d'orages accompagnés d'averses torrentielles et séparées par des périodes d'accalmie relative. Dès le lundi soir 25, tout l'horizon Est, du Nord-Est au Sud-Est, était sillonné de violents éclairs qui se succédaient avec rapidité. La pluie n'a cependant commencé à tomber que le 26 à 5 heures. Elle était accompagnée d'un vent violent dont la direction changeait fréquemment et qui faisait déplacer les nuages, au-dessus de la région, tantôt dans un sens et tantôt dans un autre. Montpellier et ses environs immédiats ont été ainsi atteints par tous les orages qui se sont succédés tandis que les contrées voisines, selon leur position géographique, ont été atteintes par les uns, non par les autres. C'est ce qui explique que les crues du Vidourle et de l'Hérault ne se soient pas produites au même moment que celles du Lez et aient été moins accentuées.

La courbe tracée par le baromètre du 24 septembre midi au 30 septembre midi, présente une grande irrégularité et de nombreux crochets d'orage. Elle porte, en outre, 3 crochets de trombe caractéristiques : le 1er le mardi 26 à 21 h. 30 (20 h. 30 TMG) ; le 2e le mercredi 27 à 2 heures ; le 3e le jeudi 28 à 15 h. 45. La trombe du jeudi a d'ailleurs été nettement observée.

---

(1) Rey. — *Climatologie de 1910 à Montpellier*. (Roumégous et Déhan. Montpellier).

Etant donné la faible étendue du bassin du Lez, dont la superficie totale est seulement de 52 428 hectares (1), on peut supposer que le régime pluviométrique y a été sensiblement le même pendant la période considérée. Il suffit alors de faire un calcul très simple pour connaître la quantité considérable d'eau qui est tombée à certains moments sur l'ensemble du bassin et voir qu'elle a atteint, le 26 à 23 h. 30, 19.000 mètres cubes à la seconde.

Même en admettant un coefficient de ruissellement de 50 °/o, coefficient très inférieur à la réalité, vu : la saturation du sol, la faible largeur relative du bassin, son déboisement, etc..., on comprend la rapidité de la crue et l'énorme débit du Lez dans la nuit du 26-27 septembre.

Il faut noter encore que, la mer démontée, contrariait fortement l'écoulement du Lez à son embouchure et que ce ralentissement du courant avait à l'amont une fâcheuse répercussion sur le niveau des eaux.

On conçoit qu'une crue de cette importance et de cette soudaineté, arrivant au millieu de la nuit, ait surpris beaucoup de riverains et fait malheureusement des victimes. Plusieurs personnes ont été cernées par les eaux, d'autres emportées, 9 noyées.

Quant aux dégats matériels, c'est la nomenclature habituelle des dommages causés par les inondations : des ouvrages d'art ont été ébranlés, des chemins défoncés, des maisons démolies, des murs renversés ; des cultures anéanties, des animaux tués, des objets mobiliers de toutes sortes emportés ou détériorée, etc...

Dans la zone non inondée, les pluies ont provoqué des glissements de murs et de terrains et dans les propriétés où les vendanges n'étaient pas terminées une bonne partie de la récolte qui restait à enlever a été perdue.

Le Lez, bien que sa longueur totale ne dépasse pas 25 km. et qu'il prenne par conséquent sa source à une faible distance de la mer, présente, au point de vue des crues, les mêmes particularités que les rivières cévenoles qui l'entourent : le Vidourle et l'Hérault. Ses crues sont surtout fréquentes à la suite des fortes

---

(1) DUPONCHEL — Géographie générale de l'Hérault (*Société languedocienne de Géographie,* Montpellier).

averses au début de l'automne et atteignent rapidement des hauteurs surprenantes (1).

La dernière crue du Lez et quelques autres sur lesquelles nous avons des données précises paraissent en outre obéir aux règles établies par Martigny, Vaschalde et Pardé (2) pour les rivières cévenoles et d'après lesquelles les crues exceptionnelles de ces rivières sont toujours précédées d'une période de sécheresse et de chaleur.

Les documents que nous possédons ne sont pas cependant assez nombreux pour nous permettre d'affirmer qu'il en est généralement ainsi.

Remarques sur les conditions atmosphériques des étés qui précèdent les mois de septembre pluvieux. — La cause des inondations du début de l'automne étant les grandes averses du mois de septembre, il nous a paru intéressant de rechercher si, dans la région de Montpellier, il existe une relation entre la pluviosité et la température de la saison chaude et les précipitations du mois de septembre suivant.

A cet effet, nous avons étudié les observations météorologiques faites à Montpellier de 1873 à 1933 (série qui comporte une lacune d'un an), en appliquant les remarques et conventions suivantes. La hauteur totale de pluie recueillie pendant un mois ou une saison est une donnée insuffisante pour déterminer le caractère d'humidité ou de sécheresse de cette période ; il faut aussi tenir compte de la durée des précipitations et de leur répartition. Toutefois, étant donné qu'il tombe en moyenne à Montpellier, 754^{mm} d'eau, ce qui correspond à peu près à 2^{mm} par jour ; on peut à priori considérer comme humide toute période pendant laquelle la hauteur totale d'eau recueillie est égale ou supérieure à 3^{mm} par jour ; comme sèche toute période pendant laquelle la hauteur totale d'eau recueillie est égale ou inférieure à 1^{mm} par jour.

---

(1) Sion. — Régime des rivières cévenoles. (*Comptes rendus du Congrès de l'Eau*, Montpellier 1923)

(2) Pardé. — Les phénomènes torrentiels sur le rebord oriental du Massif Central. *Recueil des travaux de l'Institut de Géographie alpine*, Grenoble, 1919).

Nous basant sur ces remarques, nous avons compté :

1° Comme mois de septembre pluvieux : *a*) tous les mois de septembre pendant lesquels la hauteur totale de pluie est au moins égale à 90^{mm} (ce qui correspond à une moyenne de 3^{mm} par jour) ; *b*) certains mois de septembre qui, bien qu'ayant donné un total un peu inférieur à 90^{mm}, méritent par la durée ou la fréquence des précipitations d'être regardés comme pluvieux.

2° Comme étés secs : *a*) tous les étés pendant lesquels le total de la pluie tombée en juillet et août est inférieur à 60^{mm} (ce qui correspond sensiblement à 1^{mm} par jour) ; *b*) certains étés pendant lesquels la hauteur totale d'eau tombée en juillet et août a légèrement dépassé 60^{mm}, mais qui méritent, par la faible durée et le peu de fréquence des pluies, d'être regardés comme secs.

3° Comme mois d'août chaud : tout mois d'août dont la temrature moyenne mensuelle a été supérieure à la normale correspondante.

4° Comme mois de septembre avec violentes averses : tout mois de septembre pendant lequel il est tombé au moins une fois en 24 heures une hauteur d'eau égale ou supérieure à 72^{mm} (3^{mm} à l'heure).

Les principaux résultats obtenus sont résumés dans le tableau ci-après.

Années à Septembre pluvieux	Haut. totale de pluie en Septembre	Haut. totale de pluie Juillet-Août	Ecart temp. Août avec normale	Max. journalier de pluie en Septembre
1874	106.8	20.7	— 0.42	52.5
1875	411.6	62.4 (2)	+ 0.48	189.5
1882	91.5	48.9	— 0.65	48.1
1884	83.1 (1)	5.0	+ 0.94	25.2
1886	159.5	35.0	+ 0 69	120.0

(1) 14 jours de pluie en septembre.
(2) 59 mm. 7 en juillet dont 29 mm. 1 dans la 1re quinzaine. En août seulement 2 mm. 7.

1890	108.5	24.5	+ 0.57	63.0
1893	157.0	295.5 (1)	+ 1.47	92.5
1900	119 0	184.2 (2)	— 0.13	42.0
1901	127.0	109.0 (3)	+ 1.05	66.0
1907	192.5	21.1	+ 1.29	83.1
1909	149.3	39.5	+ 0.02	55.0
1911	145.7	14.0	+ 3.37	86.5
1913	92.2	27.5	— 0.27	60.0
1916	109 8	31.1	— 0.94	58.7
1917	114.2	102.5 (4)	— 2.69	79.0
1919	253.4	17.4	+ 0.64	136.0
1920	185.0	42.3	— 1.83	75.5
1921	140.1	276.1 (5)	— 1.60	55.3
1926	128.7	22.0	+ 0.80	77.2
1929	154.3	46.4	— 0.01	44.1
1931	147.3	29.4	— 1.22	83.5
1932	274.3	79.9 (6)	+ 1.17	77.5
1933	468.4	4.6	+ 2.01	227.9 (7)

L'examen des 60 années d'observations montre que :

1° Un mois de septembre pluvieux est 7 fois plus à craindre après un été sec qu'après un été humide et qu'après un été sec

---

(1) 74 mm. le 2 juillet, 186 mm le 30 août, juillet chaud.

(2) 155 mm. le 17 août en 10 heures, juillet très chaud supérieur de 1°22 à la normale.

(3) 52 mm. le 31 juillet, juillet très chaud supérieur de 1°54 à la normale.

(4) Bien qu'août ait été sec : 14 mm. 3 de pluie et qu'en juillet il n'y ait eu que 5 jours de pluie dont le 7 : 36 mm. 8 et le 29 : 44 mm, on ne doit pas considérer l'été comme sec, juillet et août ayant été relativement froids.

(5) Bien que la plus grande partie de l'eau recueillie pendant l'été soit due à des orages ayant donné 71 mm. le 17 juillet, 64 mm. 4 le 17 août et 119 mm. 9 le 18 ; étant donné les dates de ces orages et les températures relativement peu élevées de juillet et août, l'été ne doit pas être considéré comme ayant été sec.

(6) La plus grande partie des pluies étant tombées dans la 1re quinzaine de juillet (on n'a recueilli du 16 juillet au 31 août que 11 mm. 1) et le mois d'août ayant été très chaud, l'été doit être considéré comme ayant été sec.

(7) Après les rectifications indiquées, il ne reste dans la liste des années à mois de septembre pluvieux que deux années à été pluvieux : 1917 et 1921.

il y a une probabilité de 58/100 pour que le mois de septembre soit pluvieux.

2° Quand septembre est pluvieux : 12 fois sur 23, soit environ 50 fois sur 100, il tombe pendant ce mois au moins une fois en 24 heures une quantité d'eau égale ou supérieure à 72 mm. et 75 fois sur 100 ces averses torrentielles s'observent quand le mois d'août a été chaud. Les averses ayant donné plus de 100 mm. en 24 heures ont toujours été observées après un mois d'août chaud.

En résumé, c'est après un été sec et chaud que l'on a le plus à redouter en septembre d'importantes et violentes précipitations.

Dans une toute récente communication à l'Académie d'Agriculture (1) nous avons montré que les années à été sec et chaud sont des années à vendanges tardives.

Les années à vendanges tardives, par suite de la sécheresse, sont donc celles où l'on a le plus à craindre de fortes pluies en septembre. Ces années là, il serait prudent que les viticulteurs méridionaux n'attendent pas trop pour commencer la récolte et qu'ils prennent des mesures afin de l'effectuer le plus rapidement possible.

---

(1) Chaptal. — Contribution à l'étude de l'influence des conditions climatériques sur les vendanges dans le midi (*C. R. Académie agriculture*, séance du 25 octobre 1933).

LA PLUIE DE BOUE

DU 27 AU 28 NOVEMBRE 1930

Par **G. MONTARLOT**

Dans la nuit du 27 au 28 novembre 1930 se produisit à Montpellier un phénomène qui, sans être très rare dans notre région, est cependant digne d'être noté. Il s'agit d'une chute de pluie terreuse.

Le même fait avait déjà été signalé à Antibes et à Montpellier (Bel-Air) le 5 juin de cette même année 1930.

En 1928, du 26 au 28 avril, une pluie de boue noire se répandit sur la Pologne.

Il faut remonter ensuite jusqu'au 30 octobre 1926 pour retrouver dans nos régions un phénomène analogue, qui cette fois fut constaté dans un assez grand nombre de localités : Montpellier, Antibes, département de l'Yonne (l'Isle-sur-Serein), Espagne.

Le 24 avril 1926, une pluie de terre eut lieu également dans le Sud-Est de la France.

Signalons la pluie terreuse des 3 et 4 novembre 1920 à Antibes.

Enfin, depuis le 28 novembre 1930, une pluie de boue se produisit encore à Montélimar, le 17 mars 1932.

On peut se rendre compte par ce court aperçu rétrospectif que le phénomène n'est pas extrêmement rare.

Si l'on remonte plus loin, on retrouve l'existence des pluies de terre assez fréquemment au cours des temps passés.

Celle du 27 au 28 novembre 1930 paraît avoir été assez importante. Elle engloba la France entière et dut s'étendre aussi

aux régions avoisinantes. Elle fut relatée par la plupart des quotidiens. *L'Illustration* du 13 décembre 1930 indique que la pluie terreuse fut constatée à Nice, à Toulouse, à Paris et jusque sur la Manche.

Le pluviomètre de la Station de météorologie de l'Ecole nationale d'Agriculture de Montpellier contenait, le 28 au matin, 2 millimètres d'eau jaunâtre et boueuse.

A la Station météorologique de Bel-Air, on remarqua une pluie colorée en rouge par des particules de terre.

En plusieurs localités de l'Hérault, on observa également cette pluie sanglante.

A Agde, il y eut « une pluie de boue rouge abondante ».

A Cesseras, on recueillit 5 millimètres de pluie rougeâtre.

A Saint-Gervais-sur-Mare, les 8 millimètres d'eau retenus par le pluviomètre contenaient 0,45 gramme de boue desséchée, ce qui fait 14,06 grammes par litre, ou encore 112,5 kilog. par hectare, soit, en supposant que la chute de terre ait eu partout la même intensité, plus de 6 millions de tonnes pour la France ! Cette boue desséchée se présente sous l'aspect d'une poussière jaunâtre très fine. Elle fait effervescence en présence d'un acide, ce qui permet de supposer l'existence de carbonates.

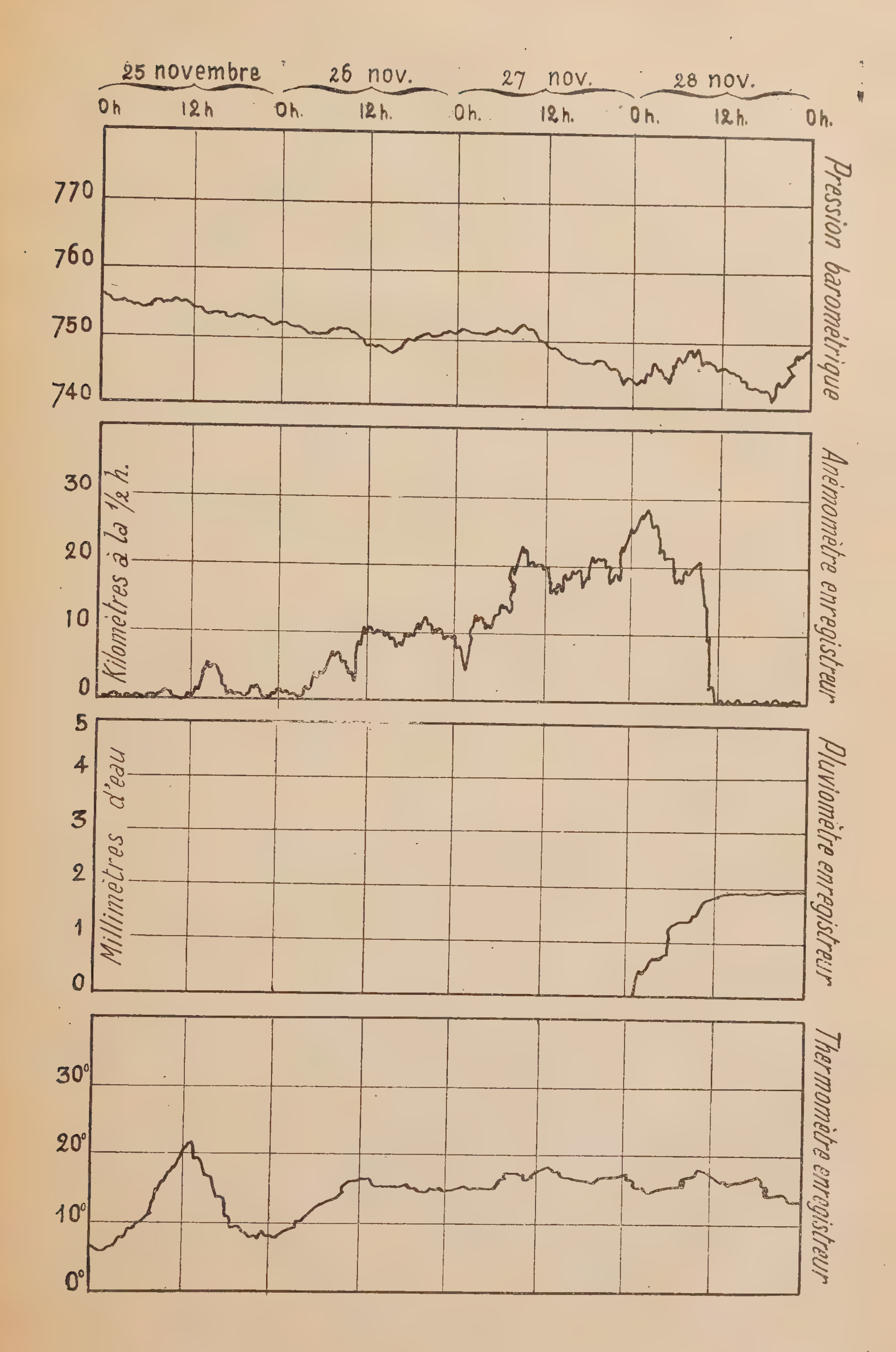
Le phénomène fut accompagné des circonstances météorologiques suivantes :

Le 26 novembre à 7 heures, une vaste dépression ayant son centre sur le nord de l'Angleterre et l'Islande, s'étend de l'Atlantique à l'Europe centrale, et jusqu'au nord de l'Algérie. Elle pousse même un prolongement vers le sud algérien.

Elle provoque sur le nord-est de l'Algérie des vents assez forts du sud-sud-ouest, qui atteignent également les Baléares.

A Montpellier, la pression est basse depuis plusieurs jours. Un vent d'est-nord-est, tournant vers 13 heures à l'est-sud-est, commence à s'élever, encore très modéré, provoquant une hausse de la température.

Le 27 novembre à 7 heures. La dépression s'est élargie, surtout vers le sud, et elle tend à se combler (la pression au centre passe de 975 Mb à 985 Mb). Elle englobe maintenant toute


25 novembre
26 nov.
27 nov.
28 nov.
0h
12h
0h.
12h.
0h.
12h.
0h.
12h.
0h.
770
760
750
740
Pression barométrique
30
20
10
0
Kilomètres à la 1/2 h.
Anémomètre enregistreur
5
4
3
2
1
0
Millimètres d'eau
Pluviomètre enregistreur
30°
20°
10°
0°
Thermomètre enregistreur

l'Afrique du Nord, le nord du Sahara, qui sont sur le bord dangereux. Elle provoque sur ces régions un violent vent du sud, qui soulève en nuages énormes les sables du désert.

Ce sirocco, tempête de vent et de sable, déferle sur l'Algérie, « rendant l'air irrespirable » et apportant, en outre, la chaleur du Sahara.

A ce moment, le vent violent atteint la Sardaigne et les Baléares, qu'il ne dépasse pas, et où sa direction devient sud-sud-est.

D'autre part, un front froid pluvieux se dirigeant vers le nord-ouest s'étend sur le nord et l'est de l'Espagne, et l'ouest du Maroc.

Pendant ce temps, à Montpellier, la pression est toujours basse, le vent du sud-est augmente et devient fort. La température reste presque stationnaire, relativement élevée (environ 15° à 16°).

A 13 heures. La dépression, ayant maintenant son centre sur l'Espagne, se comble de plus en plus (995 Mb au centre).

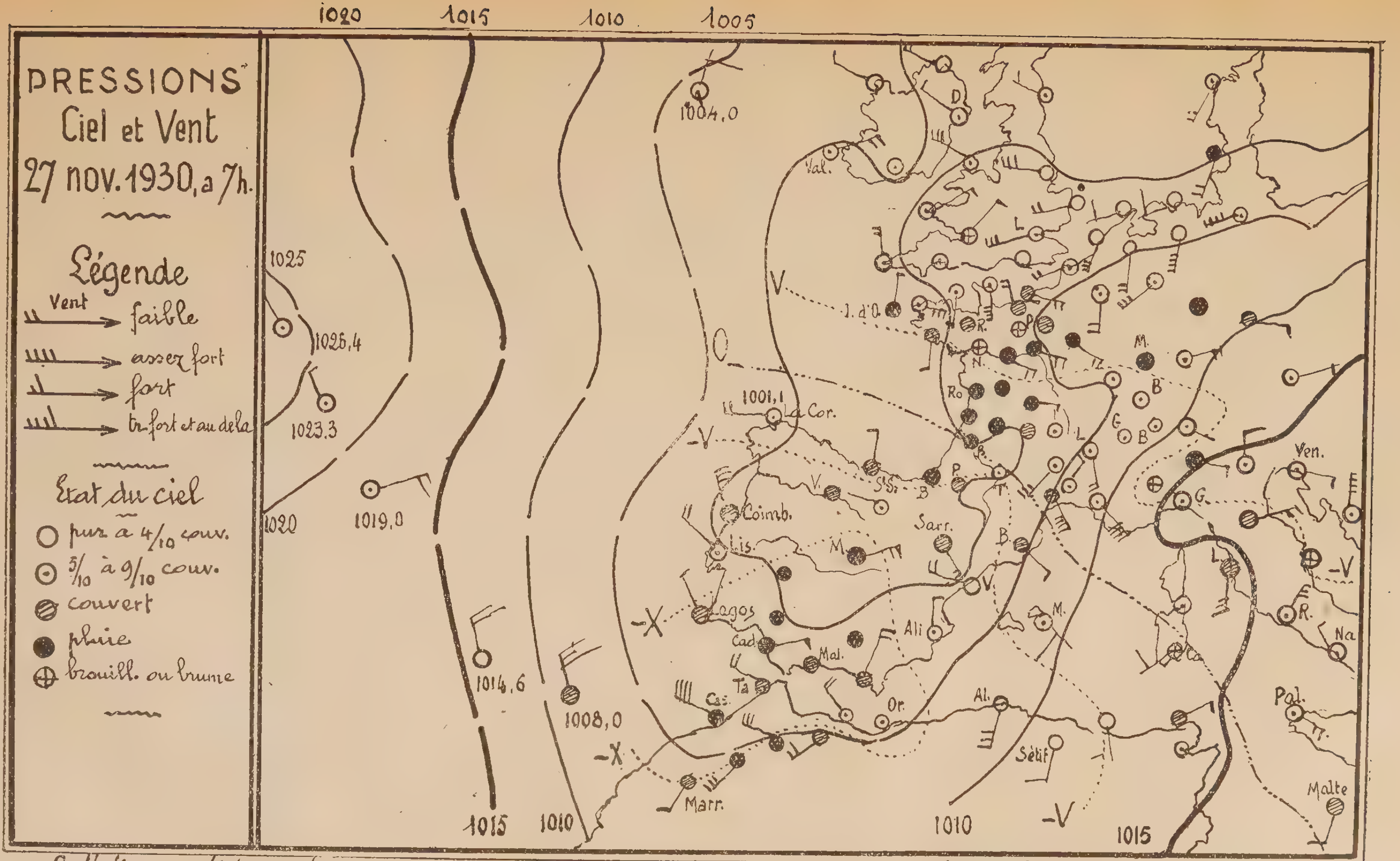
Dans le Nord africain, la tempête de sable continue en s'aggravant. A Oran, de 10 heures à 16 heures, un « véritable voile rouge » venant du sud-ouest produit une « obscurité sanglante ». « Tout devient rouge sombre. Les bruits sont amortis ».

A Montpellier, la baisse de pression s'accentue, le vent est devenu très fort (environ 10 mètres par seconde). Sa direction reste sud-est, et la température se maintient élevée.

Dans la nuit du 27 au 28. La dépression à tendance à s'accentuer. Son centre englobe le nord de l'Espagne et l'ouest de la France.

Le vent a maintenant faibli sur l'Algérie et le sud de la Méditerranée. La tempête est passée. La vague de sirocco, contenant toujours en suspension les nuages de poussière du désert, a continué son chemin vers le nord. Elle a maintenant franchi les Baléares et se répand sur le golfe du Lion et le Midi de la France.

On enregistre, en effet, à ce moment à Montpellier un maximum de la vitesse du vent, entre 20 heures et 5 heures. La vitesse du vent du sud-est, qui atteignait 9 à 10 mètres par



Bulletin quotidien de renseignements de l'Office national météorologique de France.

seconde, passe à 16 mètres par seconde vers 1 heure du matin, à l'Ecole, puis revient à 9 ou 10 m/s. La Station de Bel-Air a même enregistré une vitesse de 20 m/s.

A ce moment, vers 1 du matin également, le frond froid et pluvieux signalé plus haut passe sur le Midi de la France, provoquant à Montpellier et dans diverses localités une petite pluie. Cette pluie aide à la précipitation des poussières dont l'air est rempli, et peut-être se condense-t-elle autour des grains de poussière ; en effet, par suite du mouvement ascensionnel des masses d'air dans une dépression, surtout au voisinage du centre, les nuages de poussière doivent maintenant se trouver à une assez forte altitude, et être mêlés aux nimbus. Ce qui n'empêche pas qu'au voisinage du sol, l'atmosphère est cependant troublée par une certaine quantité de ces particules terreuses, détachées, égarées en route autour du nuage principal. Aussi cette pluie est-elle boueuse, chargée de matières terreuses.

Ainsi que l'on peut s'en rendre compte à l'aide des graphiques, la saute de vent, la légère baisse de température due au passage du front froid, la petite pluie, se produisirent en même temps. Tout ceci fut accompagné d'une baisse barométrique, avec une courbe présentant plusieurs crochets très nets.

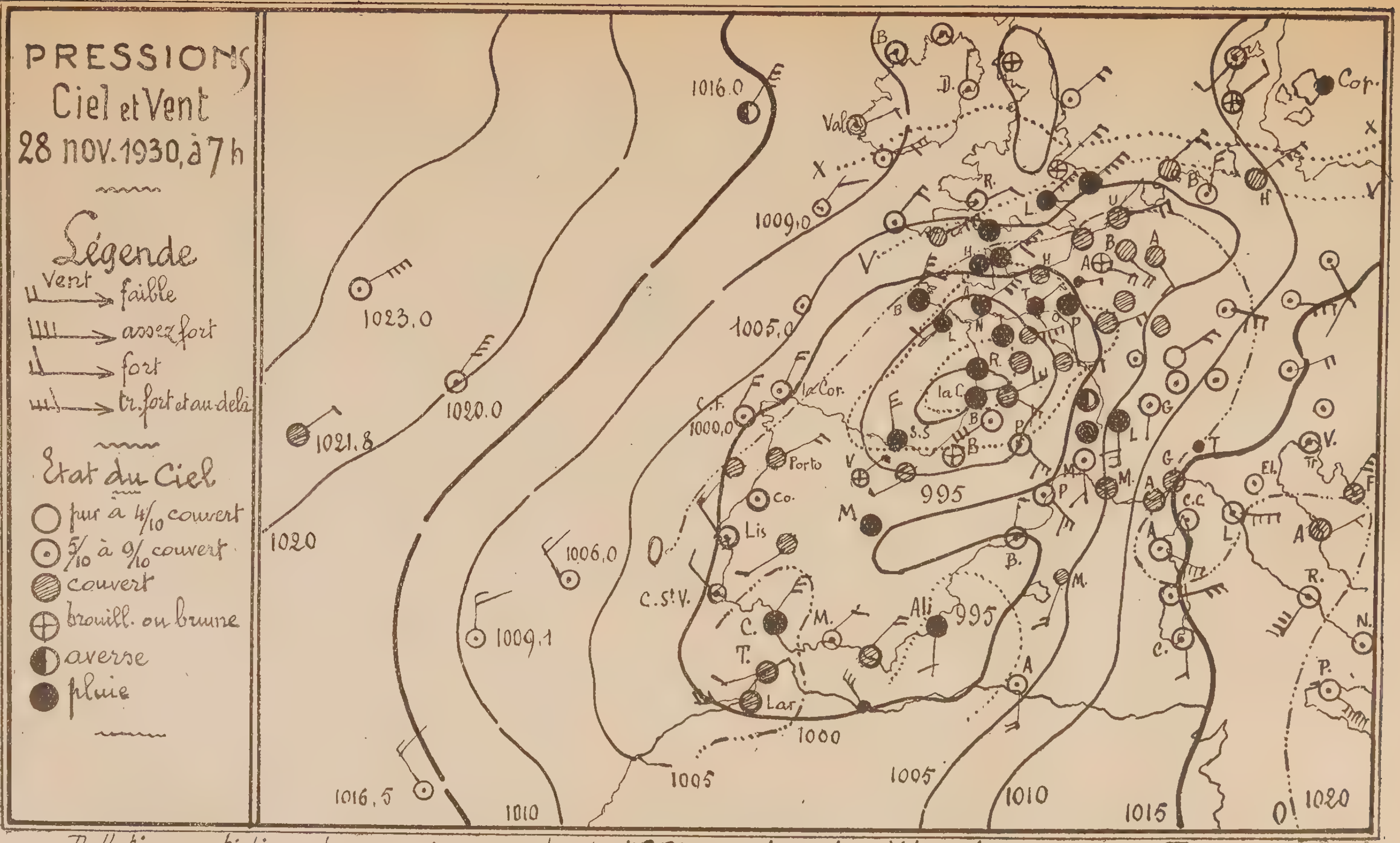
A 7 heures. La dépression continue à stationner sur la France. Le front froid a franchi le Midi et continue sa course vers le Nord. La pression remonte. Le vent, bien que moins violent qu'aux heures précédentes, restera cependant fort jusque vers 10 heures.

*
* *

En ce qui concerne l'origine de cette pluie de boue, l'exposé précédent nous montre déjà qu'elle devait être saharienne.

La pluie terreuse fut remarquée à Montpellier dans la nuit du 27 au 28. La constatation en fut facilitée par la petite pluie, qui était souillée de boue.

Mais il est probable que la chute de poussière ne se produisit pas uniquement au moment de la pluie, et qu'elle dura pendant une grande partie de la tempête de vent. Elle dut en effet commencer dans l'après-midi du 27, puisque, d'après les quotidiens



Bulletin quotidien de renseignements de l'Office national météorologique de France.

de la région, dans certains pays de l'Hérault, on remarqua cet après-midi du 27 une coloration du ciel rougeâtre, cuivrée, et même en certains points une visibilité très restreinte, dues sans doute aux particules de poussière en suspension dans l'atmosphère.

Etant donné la direction du vent, qui devait être à peu près la même au voisinage du sol et à l'altitude des nimbus (ainsi que cela arrive fréquemment dans des conditions analogues) on est obligé d'admettre que la même masse d'air venant du sud, qui passa sur l'Algérie pendant la journée du 27, traversa ensuite la Méditerranée en se dirigeant toujours vers le nord, en déviant légèrement vers le nord-ouest après les Baléares, et atteignit notre région pendant l'après-midi et la nuit du 27 au 28.

Etant donné également la violence de ce vent, les nuages de poussière soulevés dans le désert restèrent en suspension pendant la traversée de la Méditerranée et pendant leur trajet au-dessus de notre pays, donnant lieu un peu partout aux pluies de boues observées.

Si l'on considère que la tempête de sable dura en Algérie du lever du soleil à 18 heures environ, avec maximun de 10 heures à 16 heures, et que la chute dc poussières se produisit dans notre région dans l'après-midi du 27 et la nuit du 27 au 28, on voit que la durée du trajet des particules terreuses de la côte d'Algérie à la côte française dut être en moyenne de 12 heures. Comme la distance entre ces deux régions est environ 800 kilomètres, la vitesse du vent pendant ce trajet dut donc être d'environ 60 à 70 km à l'heure, soit 17 à 19 m/s. Or nous avons vu que, pendant cette nuit du 27 au 28, des vitesses de 16 m/s à 20 m/s furent enregistrées à Montpellier.

Ces deux données concordent donc suffisamment pour confirmer que, durant sa traversée de la Méditerranée, le vent conserva une vitesse moyenne de 17 à 19 m/s au voisinage du sol, et peut-être aussi à la hauteur des nuages, et enfin que la tempête de sable du 27 novembre sur l'Algérie put traverser la Méditerranée en 12 heures environ, et donner lieu aux pluies de boue sur notre pays.

*
* *

Ces chiffres ne peuvent évidemment être qu'approximatifs et correspondent surtout à la saute de vent qui eut lieu entre 20 heures et 5 heures du matin. Et il est probable que les vents moins violents (10 à 12 m/s) qui soufflèrent avant 20 heures et après 5 heures, transportèrent également des poussières, qui auraient dans ce cas mis environ 20 heures à effectuer la traversée.

Les résultats des calculs précédents ne s'opposent d'ailleurs nullement à la possibilité de cette durée de 20 heures, puisque la tempête de sable fut constatée à Oran le 27 au lever du jour (et existait peut-être déjà avant) et la pluie de boue fut constatée à Montpellier le 28 vers 1 heure du matin.

*
* *

Si l'on compare les différentes pluies de boue dont il a été parlé au début, on voit que celle qui présente le plus d'analogie avec la pluie du 27 au 28 novembre 1930 est celle du 30 au 31 octobre 1926.

En effet, les directions des vents furent les mêmes, avec tempête de sable au Sahara, dans les deux cas. Les régions intéressées furent également les mêmes et la constitution de la terre transportée paraît être comparable ; dans les deux cas, c'est une poussière très fine, jaune-rougeâtre, contenant des carbonates, mais laissant un résidu (probablement siliceux), insoluble dans les acides.

Enfin, les explications données dans « la Météorologie » par M. G. Roche, d'une part, et M. G. Bidault de l'Isle, d'autre part, prouvent l'origine saharienne de cette pluie de boue.

Et ceci confirme notre manière de voir en ce qui concerne la pluie de boue du 27 au 28 novembre 1930.

BIBLIOGRAPHIE

—

Pluie de terre tombée aux Canaries, en 1883, par M. L. Teisserenc de Bort. *Annales du bureau central météorologique de France*, 1882, IV.

Pluie de terre du 24 avril 1926, par M. J. Sanson, *La Météorologie*, 1926.

Pluie de boue des 30 et 31 octobre 1926. Articles de MM. Bidault de l'Isle, G. Roche, G. Raymond, dans *La Météorologie*, 1927, tome III ; et de M. H. Marcelet, dans les *Comptes rendus des séances de l'Académie des sciences*, séance du 3 octobre 1927.

Pluie de terre du 3 au 4 novembre 1920, par M. G. Raymond, *La Météorologie*, 1927, tome III.

Pluie de poussière en Pologne du 26 au 28 avril 1928, par MM. Henryk Arctowski et Ed. Stenz. *Comptes rendus des séances de l'Académie des sciences*, séances du 11 juin et du 25 juin 1928.

Pluie terreuse à Antibes, le 5 juin 1930, par M. G. Raymond, *La Météorologie*, 1931, tome VII.

Pluie de boue des 27 et 28 novembre 1930. *Comptes rendus des séances de la Société météorologique de France*, communication verbale de M. le Général Delcambre. — Article dans *l'Illustration* du 13 décembre 1930.

Pluie de boue du 17 mars 1932 à Montélimar, par M. Gaubert.

Observations de la Station météorologique de l'Ecole nationale d'Agriculture des : 24 avril, 30 octobre, 31 octobre 1926 ; 5 juin, du 25 au 29 novembre 1930.

Observations de la Station météorologique de Bel-Air des : 24 avril, 30 et 31 octobre 1926 ; 5 juin, 27 et 28 novembre 1930.

Observations des Postes météorologiques d'Agde, Cesseras, Saint-Gervais-sur-Mare (Hérault), 28 novembre 1930.

Observations du domaine de la Trappe de Staoueli (Algérie), 27novembre 1930, par M. Verge.

Météorologie et physique agricoles, page 7, par Marié Davy.

Bulletins quotidiens d'études et de renseignements de l'Office national météorologique, du 26 au 29 novembre 1930.

Montpellier. — Imprimerie Ch. Déhan

TABLE DES MATIÈRES DU TOME XXII